DE'

COLORI ACCIDENTALI DELLA LUCE

OSSIA

DELLA GENERAZIONE DEI COLORI NE' VARJ ACCIDENTI D' OMBRA E DI LUME

MEMORIE

DEL D.R PIETRO PETRINI

P. PROFESSORE DELLE MATEMATICHE

NEL COLLEGIO FORTEGUERRI DI PISTOJA



PISTOJA

DAI TORCHI DEI FRATELLI MANFREDINI

MDCCCXV.


WELLCOME
LIBRARY
INSTITUTE

Le più eleganti ricerche, che dal principio del corrente Secolo in poi abbiano illustrato gli annali delle Scienze fisiche, appartengono all'Ottica della luce. Da lungo tempo abbandonata o negletta, non erasi questa inoltrata gran fatto al di là dei limiti ai quali Newton la condusse: tutto ad un tratto, essa è salita nel giro di pochi anni ad un grado di perfezione ch'era difficile di presagirle, e che tuttavolta esser doveva il tardo ma sicuro risultato dei progressi dello spirito Filosofico, e dell' applicazione dei metodi delle Scienze esatte alla ricerca delle fisiche verità.

Ma intanto che d'inaspettate e memorabili scoperte arricchivasi quella parte dell' Ottica che riferiscesi al moto della luce, e alle forze che regolano le di lei trajettorie ne' mezzi refrangenti, e modificano le di lei sensibili proprietà, eravi ancora una via non tentata di nuove e interessanti ricerche nella discussione dei fenomeni relativi ai colori.

Io ho ardito di rivolgere a questa i miei tentativi; nè forse l'esito ha deluso l'aspettativa, allora che mi è avvenuto di riconoscere le leggi da cui dipendono i fenomeni della generazione dei colori ne' varj accidenti d'ombra e di lume; di determinarne le condizioni ed i limiti, e di riferirne i diversi fatti particolari ad un fatto unico e generale, dal quale tutti derivano. Queste ricerche, di una parte delle quali ho altre volte renduto conto al pubblico, formano il soggetto delle presenti Memorie.

Altre non meno interessanti conseguenze mi hanno essi svelato, intorno alle proprietà dei raggi coloriferi di cui la luce componesi, e alla natura dei raggi creduti sinora semplici o elementari: argomento ch' io verrò trattando in alcune successive Memorie, che mi propongo di sottoporre in breve al giudizio del Pubblico, e nelle quali mi lusingo di presentare in un nuovo aspetto la teoria dell' Alemanno Wunsch intorno a' colori, troppo a torto considerata in opposizione colle immortali esperienze di Newton sulla luce.

Pistoja 10. Novembre 1815.

I.

Dei fenomeni generali derivanti dalla dispersione della luce nel suo passaggio per l'atmosfera.

MEMORIA.

Non vi è forse alcuno che non abbia talora considerato con maraviglia come si cangino sul declinare di una giornata serena, se il cielo all' orizzonte sia libero di vapori, le apparenze degli oggetti illuminati dagli estremi raggi del sole, e come ne risultino non di rado i più curiosi accidenti di colorazione. Le pendici occidentali dei monti, e delle lontane colline, sembrano alcune volte colorarsi a poco a poco di una luce languidamente rosseggiante, immergendosi il sole; e le nuvole solitarie, sparse per l'aria, rivestonsi di un vivace color d'arancia, che si fa di tratto in tratto più acceso, e volge finalmente al rosso: nel tempo stesso che le ombre cadenti sulle superfici degli oggetti bianchi che piglian lume dal sole (ov' esse siano a specchio della più serena parte del cielo, ed esenti da ogni estraneo riflesso di luce *) veggonsi illanguidir progressivamente e farsi più chiare, velandosi di un sensibil colore cilestro, che degrada talora in un pallido azzurro oltramare, finchè l'ombre e i colori svaniscono nell' occultarsi dell' astro da cui son generate.

Uguali apparenze ritornano in un' ordine inverso allo spuntar del sole dall' orizzonte in un mattino sereno.

---

* Siffatte apparenze dell'ombre sono perciò sì distinte ne'luoghi aperti, e dove è libera d'ogni intorno la vista dell'orizzonte; e sì poco sensibili ne' luoghi abitati, dove i moltiplicati riflessi di luce confondonsi con quello che le ombre ricevono dall'aria, e rimandano allo spettatore.

Vedesi allora una luce debolmente rossastra in principio colorar le pendici orientali de' monti, le nuvole solitarie, e gli oggetti bianchi veduti in distanza, e illuminati dai primi raggi dell' astro nascente; e nel momento stesso le ombre rischiarate dal lume riflesso dell' aria apparir tinte di un bell' azzurro alcun poco verdeggiante, che dipoi declina ad un fosco color cilestro nel farsi l' ombre più intense. Frattanto la luce ripercossa dagli oggetti illuminati dal Sole, diventa a poco a poco più forte, e di un color meno acceso, finchè alzatosi il Sole d' alcuni gradi sull' orizzonte, raddoppiando la luce e i riflessi, dilegua compiutamente siffatte apparenze.

Questi fenomeni, di cui si trova per la prima volta fatta menzione quasi tre secoli indietro da Lionardo da Vinci nel suo Trattato della Pittura (*Nota I.*), avevano appena richiamato l' attenzione dei Fisici sino alla metà del decorso secolo, quando lo Scozzese Melville riuscì a determinare le leggi della colorazione delle nuvole solitarie ai raggi del sole tramontante, applicandovi ingegnosamente le teorìe, delle quali siamo debitori al genio inventivo di Newton, sulla generazione dei colori. (*Nota II.*) Era facile dopo di ciò di rilevare la dipendenza de' colori accidentali dell' ombre mattutine, e vespertine dalle contemporanee variazioni della luce solare da cui vengono generate; e qualche idea parve che ne fosse suggerita da Priestley allor ch' ei rese conto, nell' Istoria dell' Ottica, dei tentativi di due illustri Fisici * per investigar le cause di queste apparenze. Ma nè egli, nè altri forse erasi accorto che quei fenomeni appartenessero ad una classe non meno estesa che interessante di fatti relativi ad un *modo di generazione dei colori della luce* non an-

* I Signori Beguelin, e Bouguer.

cora esaminato, nè considerato quanto si conveniva; e il Sig. de Rumford prima d'ogni altro ne ha fatte conoscere alcune interessanti particolarità in una sua elegante lettera al Cav. Banks sui colori dell'ombre *; lo che, dopo i fatti che poco innanzi erano stati determinati dalle esperienze di Scherfferr intorno ai colori accidentali, ha dato origine ad una delle più curiose trattazioni dell' Ottica della luce, nella quale i Signori Hassenfratz, Venturi, e Prieur si sono successivamente distinti. Questo soggetto era tuttavolta pressoche intatto in quanto alla ricerca delle leggi generali e dei limiti dei fenomeni, allorchè io tentava di determinar gli uni, e le altre per mezzo dell'esperienza e dell'osservazione (*Nota III.*). Il successo lusingò le mie speranze, e parvemi di aver riconosciute le relazioni di quei fenomeni, le condizioni da cui dipendono, e come essi derivino da un principio unico che tutti gli spiega, e gli connette scambievolmente. Come io vi sia giunto, gioverà quì additarlo ripigliando dalla sua origine questa ricerca.

Già dalle più semplici e più familiari osservazioni risulta, che la luce nell'attraversar l'atmosfera non giunge mai senza perdita, e senza una notabile modificazione allo Spettatore; e che secondo che più esteso, e di maggior densità è quel tratto d' aria per cui si propaga, più sensibile è il cangiamento ch'essa ne prova. Così nelle minori altezze di un astro sull'orizzonte, la luce che ne arriva allo Spettatore non solo è più debole o meno intensa, ma cangiata pur anco nella capacità di eccitar l'idea de'colori, non imprimendo più nei corpi incolorati che la riflettono, l'ordinario candore, ma inclinando all'arancio, ed al rosso; e ciò tanto più sensibilmente, quanto più

---

* Philos. Trans. for. 1794.

grande è la densità e l'ampiezza del mezzo attraverso di cui vien trasmessa. Questi progressivi cangiamenti ai quali la luce è soggetta nel percorrer ch' essa fa delle trajettorie più estese e più inclinate all'orizzonte nell'atmosfera, suppongono evidentemente una disugual diminuzione progressiva nei raggi semplici che la compongono, la quale cominciando dai violetti rendasi dipoi sensibile nei porporini, negli azzurri, e in quelli che loro succedono in ordine di refrangibilità; lo che spiega assai naturalmente perchè la luce vada allora trascolorandosi da un giallo nascente dapprima e indistinto per la forza o pienezza del lume, ad un giallo vivace e inclinante sull'aranciato, e quindi ad un'aranciato pieno e vergente al rosso, nell'ordine stesso con cui succedonsi le corrispondenti gradazioni o intervalli nello spettro prismatico, perdendo insieme di chiarezza e di vivacità, e risultandone sempre più intenso e più puro il color dominante secondo ch' essa va spogliandosi in maggior copia de' più riflessibili tra i raggi semplici che la compongono. (*Nota IV.*)

Questa porzione di luce non è però spenta o assorbita per disperdersi ch'essa faccia nel suo tragitto per l'aria: essa dissipa l'oscurità nei luoghi ove i raggi diretti del Sole non possono penetrare, e vi rende più languide l'ombre. Se non fosse per causa di questa illuminazione, il cielo apparirebbe nero, e i lati ombrosi degli oggetti sarebbero oscuri quasi come in tempo di notte. *

Di quì avviene, che nonostante la grandissima rarità e trasparenza dell'aria, essa rendasi visibile per mezzo dei raggi di luce che riflette in tutte le direzioni, tanto che gli oggetti, i quali tramandano un più debole lume non si posson discernere in questa luce più forte. Così le

---

* Nicholson - Introduzione alla Filosofia naturale - Lib. IV.

stelle sono invisibili di giorno, e la fiamma di una candela distinguesi appena nel massimo lume diurno.

Ho verificato per mezzo di esperienze dirette, delle quali renderò conto in appresso, che i raggi più refrangibili della luce, cioè i violetti, i porporini, i cilestri, ed i verdi, sono riflessi più copiosamente che gli altri dall' aria; circostanza, a cui vuolsi certamente attribuire quella leggera e vivace apparenza di azzurro che presentano le grandi masse di questo fluido. E da ciò pure deriva che l'aria la quale interponesi tra lo spettatore e gli oggetti, ne cangia più o meno le apparenze secondo la loro maggiore o minor distanza, coll' indebolire il lume che parte da essi, e spogliarlo de'raggi più refrangibili, e col renderne le ombre più chiare, velandole del color'azzurro che le appartiene, e che si fa tanto più evidente, quanto più esteso è quel tratto d'aria che tra esse e lo Spettatore è compreso. „ Così nei monti ov'è più ombra, vedesi esser „ più bell' azzurro nelle lunghe distanze, e dov' è più lu- „ me apparir più il color naturale, che quello dell'aria „ interposta „ * Questa osservazione sull'ombre e sugli oggetti oscuri veduti in distanza, che è sfuggita per lungo tempo all'attenzione dei Fisici, non era stata perduta di vista da quel sommo Pittor filosofo, al quale siamo debitori delle più belle e più profonde meditazioni che abbiano illustrato l'Ottica Pittorica, e che additò in questo fatto l'origine di uno dei più importanti precetti della *prospettiva aerea*.

---

* Trattato della Pittura di Lionardo da Vinci - Cap. 151.

II.

Dei cangiamenti della luce trasmessa o riflessa dall' aria.

RICERCHE.

...... Nova se radiorum lumina fundunt,
Primaque dispereunt.

Lucr. de rer. nat. Lib. IV.

Ultimi a perdersi nella luce che parte da un' oggetto luminoso, veduto attraverso di uno spazio d'aria successivamente più esteso e più denso, son dunque i rossi tra i raggi semplici che la compongono? Tutte le altre specie di raggi, riflessi o refratti dall'aria, rimangono indietro, e il solo rosso giunge allo Spettatore, ove la luce percorra delle trajettorie abbastanza prolungate nell'atmosfera.

Nè questo fenomeno, come è stato supposto, dipender può dalla varia refrangibilità dei raggi semplici di cui la luce risulta. Se derivasse da quella, l'ultimo a perdersi sarebbe il raggio violetto, che più degli altri cede all' azione delle forze refrangenti dei mezzi ch'esso attraversa; gli astri declinando all'orizzonte si vedrebbero tinti dei diversi colori dello spettro prismatico dal rosso al violetto, e il Sole al suo tramontare vedrebbesi tinto in rosso all'orlo inferiore, e in violetto all'orlo superiore, l' ultimo a sparire al confino dell'orizzonte.

Ma un fatto ignoto ai Commentatori dell'esperienze di Newton sulla luce, ha renduto anche sensibile il modo pel quale la luce và trasmutandosi nel suo passaggio per l' atmosfera; e si sono osservati nello spettro, o nell' immagine solare ottenuta dal prisma a diverse altezze e declinazioni del Sole, i cangiamenti che avvengono nella

luce secondo le varie ampiezze o densità dello strato d'aria interposto fra l'astro e lo spettatore. Poichè quelle medesime variazioni di lume che succedonsi nell'aspetto degli oggetti veduti dal Sole tramontante o nascente, si osservano ancora nell'aspetto di quest'astro, e meglio ancora per la tenuità del lume in quello della luna, secondo le varie loro altezze sull'orizzonte, e le diverse loro declinazioni, diventando tanto più rosseggianti, quanto più si dilungano dal Meridiano e dal parallelo di latitudine dello Spettatore. Ed è sensibile questa colorazione del disco solare specialmente dopo il solstizio d'inverno, allorchè massima è la densità, e l'ampiezza di quel tratto d'aria per cui i raggi trasmettonsi, e più ancora nei climi settentrionali, ove apparisce notabilmente rosseggiante quasi per tutto il tempo che si trattiene sull'orizzonte nei più brevi giorni dell'anno. Nè ad altra causa, che ad una non lieve perdita che fa la luce del sole nel suo tragitto per l'atmosfera de' più refrangibili de' suoi raggi, vuolsi ciò attribuire; poichè un fascetto di raggi solari introdotto in una camera oscura, e diretto mercè dell'eliostata ad un angolo d'incidenza costante sopra un prisma di *flintglass*, in modo che emergendone cadesse sopra un piano bianco normale al raggio di media refrazione, si è veduto formarvi, mentre il Sole era al Meridiano in una serena giornata d'inverno, uno spettro di una lunghezza 24 volte maggiore della larghezza, e scemar quella progressivamente nel declinare di quest'astro verso dell'orizzonte, perdendo di forza e di vivacità i colori sull'estremo dello spettro dalla parte dei raggi più refrangibili, ed estinguendosi pur'anco gli uni dopo gli altri, coll'immergersi del sole, i violetti prima, quindi i porporini e gli azzurri, sino a scomparirne la corrispondente porzione dello spettro.

Quando la separazione o la dispersione dei raggi più

refrangibili della luce del sole è arrivata in tal modo ad un certo limite con l' allontanamento progressivo di quest' astro dal Meridiano, i raggi che vengon trasmessi illumineranno le nuvole occidentali dapprima in un chiaro color giallo dorato, e dipoi in un color d'arancia che si farà di tratto in tratto più acceso; ed a proporzione che il Sole s'immergerà, diventando viepiù oblique all'orizzonte le trajettorie descritte da' suoi raggi nell'atmosfera, e più esteso quindi e più denso quel tratto d'aria pel quale essi trasmettonsi, sparirà successivamente una parte più considerabile della luce violetta, porporina, ed azzurra, e le nuvole passeranno gradualmente ad un color d'arancia sempre più rosseggiante, finchè abbandonandole il Sole esse rimangano nell'ombra terrestre, mostrandosi allora allo Spettatore tinte di un languido azzurro piombato sino al termine del crepuscolo, rischiarate dal tenue lume dell'aria interposta. *

Accaderà perciò, che secondo la varia loro situazione nell'atmosfera, vale a dire, secondo le differenti loro altezze e distanze angolari dal Sole, alcune potranno esser tuttavia bianche o incolorate, nel tempo stesso che altre presenteranno i più vivaci colori dal giallo splendente sino all'arânciato carico ed al rosso. E benchè per le varie circostanze locali (*Nota V.*) ,, e in specie per lo stato
,, cangiabile dell'atmosfera, l'ordine di queste apparenze
,, rimaner possa talvolta interrotto, e raramente arrivi
,, all'estremo suo limite, massimamente nei nostri climi,
,, pur nonostante se il cielo a ponente sia veramente pu-
,, ro, e se verso il nostro Zenit si trovino alcune di quel-
,, le leggere nuvole, che per ordinario sono a grandi al-
,, tezze nell'atmosfera, vedrannosi esse ad un'ora più tar-

---

* Nicholson - Introduzione alla Filosofia Naturale - Lib. IV.

„ da, e dopo che il Sole è per noi tramontato, risplen-
„ der di un rosso brillante, avvivato in principio dalla
„ diminuzione della luce sulla terra, che illanguidirà quin-
„ di a poco a poco, e terminerà coll' estinguersi affatto
„ nell'ombra. „ *

Vedonsi così nel lume riflesso dai sommi gioghi dei monti che coronano l'orizzonte dello spettatore, il medesimo ordine, e la stessa varietà di apparenze, secondo la diversa loro elevazione e situazione per rapporto al Sole; di che le cime nevose dell' Alpi in inverno offrono un notabile esempio, e che si osserva, sebbene con minor evidenza, nelle facciate orientali e occidentali delle fabbriche bianche, le più elevate delle quali tingonsi molte volte di un pallido color rubicondo in una bella giornata d' inverno al nascere e al tramontar del Sole. E in simil guisa, dopochè quest'astro ha abbandonato l'orizzonte, gli estremi suoi raggi rendon talora visibili quei leggeri vapori che si condensano nell'atmosfera durante il crepuscolo vespertino, tingendoli in rosso, sì ch'essi compariscono come una zona colorata, che costeggia dapprima l'orizzonte dalla parte di levante, ed accostasi a grado a grado a ponente col farsi maggiore l'angolo della depressione apparente del Sole. Quest'effetto è sensibile anche oltre l'atmosfera, e se ne ha un esempio familiare nelle ecclissi lunari.

Allorchè la Luna immergesi nell' ombra terrestre, non perciò si perde affatto di vista. Il suo disco è tuttavia debolmente illuminato da una luce rossastra, simile a quella che rifletton le nubi dopo il tramontar del Sole,

---

* Considérations sur les couleurs, et sur plusieurs de leurs apparences singulières. - *par C.-A. Prieur*. - Annales de Chimie - Tom. 54.

se non che più tenue d'assai pel maggiore indebolimento, ch' essa ha provato nel suo tragitto per l'atmosfera (*Nota VI.*) E se non fosse che l'aria trattiene una parte considerabile della luce che per essa trasmettesi, i raggi solari ripiegandosi dietro la terra, e formando altrettanti fuochi distinti quanti sono i punti lucidi della superficie del sole, illuminerebbero il disco lunare in modo, che il lume da esso riverberato nel passare per l'ombra terrestre, sarebbe più forte che quello della luna piena * .

Or di quei raggi, di che la luce si spoglia, l' aria come abbiam visto s' illumina e si colora, di modo che mentre un raggio lucido trasmesso dall' aria tinge in un color pendente all' aranciato o al rossastro i corpi incolorati ch' egli incontra, la luce riflessa dall' aria nel senso opposto alla trajettoria di quel raggio fa comparir turchineggiante la molecola da cui procede. E quando il Sole immergendosi nell' Orizzonte illumina tuttavia le regioni dell' atmosfera per cui i suoi raggi trapassano, lo Spettatore vede la parte occidentale del cielo, ov' essa sia serena, accendersi di tutta la luce che i raggi solari abbandonano nel loro tragitto, e che avvivasi anche di più per l' opposizione dell' ombra terrestre. E i più brillanti fenomeni di colorazione nascono da questa luce nelle più belle e più fredde sere d'inverno a causa della considerabile densità dell' aria che spoglia dei più refrangibili de' suoi raggi il lume del Sole, e poco sensibili riescono nelle sere di estate per la troppo grande rarità dell'aria. La qual luce, come in parte deriva dai raggi trasmessi per l'atmosfera, e in minor parte dai raggi riflessi, così si vedrà più rosseggiante verso il confino dell' orizzonte che ad una maggiore altezza, ove perdesi insensibilmente (pas-

---

* Traité elementaire d'Astronomie physique. - *par J. - B. Biot.* - Vol. 2.

sando per una languida velatura di giallo chiaro) nel color turchino dell'aria verso il Zenit; e a proporzione che il Sole anderà deprimendosi sotto all' orizzonte, volterà sempre ad una più focosa rossezza, finchè di grado in grado questa si estinguerà, terminando in un tenue albore che vedrassi costeggiar l'orizzonte a ponente.

Tale è pure in un mattino sereno il progresso della luce di cui avvivasi la parte orientale del cielo, e la successione dei fenomeni di colorazione che precedono la comparsa del Sole sull'orizzonte.



III.

Di alcune apparenze dell' ombre mattutine e vespertine.

...... Exaequant lucibus umbras.

Lucr. de Rer. nat. Lib. V.

Intanto le ombre generate dall'intercettare la luce del Sole sulle superficie degli oggetti bianchi illuminati dagli estremi raggi di quest' astro, appariscono turchineggianti, ov' esse ricevan lume dall' aria, e lo riflettano allo Spettatore. Nè queste apparenze mantengonsi uniformi a diverse altezze e declinazioni del Sole; ma vedonsi corrispondentemente cangiare dal color d' indaco aperto all'azzurro verdastro: lo che indipendentemente da qualunque altra considerazione può dimostrare ch' esse non derivano, come è stato generalmente supposto, dal color azzurro dell' aria che riflette il suo lume sull'ombre. (*Nota VII.*)

Eransi così vedute tinte talora in un bel verde oltramare le ombre mattutine e vespertine là dove attendevasi di vederle colorite in azzurro; ed erasi anche osservato che dove il Sole vedevasi depresso alcun poco al di sotto dell'orizzonte sensibile, e di una più focosa rossezza, il color dell'ombre cadenti sulle facciate orientali e occidentali delle fabbriche bianche trovavasi fortemente carico di verde appena declinante all'azzurro *. Lo che comunque fosse riguardato in principio come un'anomalìa dovuta al concorso di particolari circostanze locali, ha dovuto pur rendere accorti in progresso, che quella varietà d' apparenze non era men subordinata ad una legge costante che

---

* Memoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris. - pour l'an 1743

le contemporanee variazioni di colore che si presentano nell'aspetto degli oggetti illuminati dal Sole declinante all'occaso; vedendosi le ombre tinte dapprima in un color d'indaco appena distinto per la pienezza dell'ombra allorchè quest'astro è ancor'elevato d'alcuni gradi sull'orizzonte; quindi d'un indaco più vivace, rendendosi l'ombre a poco a poco più languide col declinar dell'astro medesimo; dipoi d'un turchino sempre più chiaro e degradante in ultimo in un leggero azzurro oltramare, immergendosi il Sole; apparenze, che pur ritornano in un' ordine opposto, allo spuntar del Sole dall'orizzonte in un mattino sereno.

Havvi in tal modo un limite in questa successione d' apparenze; e come nelle variazioni progressive della luce che và trascolorandosi col perdere de'suoi raggi più riflessibili, essa volge al color rosso senza mai giungervi, così nelle ombre illuminate dalla luce riflessa dell' atmosfera, il verde leggermente turchineggiante è il colore che tende a svilupparsi in ultimo luogo, mentre il campo all'intorno è illuminato insieme dal lume dell'aria e dagli estremi raggi del Sole all'orizzonte.

A questo limite più o meno si accosta il colore dell' ombre della mattina e della sera, secondo la diversa declinazione del Sole tramontante; meno cioè nel solstizio estivo che in quello d'inverno; meno nei climi meridionali che ne' settentrionali. Così nell'estate l'estremo colore dell' ombre al momento che il Sole immergesi nell'Orizzonte è presso di noi di un pallido color azzurro; ma nell' inverno è di un'azzurro sensibilmente pendente sul verde. *

---

* Queste apparenze si perdono se le ombre ricevano altri riflessi di luce oltre di quello dell'aria, e se dei monti a ponente ci occultino l'aspetto del Sole prima ch'esso sia giunto a confino dell'orizzonte sensibile dello Spettatore.

Ad una minor latitudine le differenze tra l'estremo grado di colorazione delle ombre al nascere e al tramontar del Sole nelle diverse stagioni si trovano esser più piccole; ad una maggior latitudine si trovano più considerabili.

Hassenfratz ha notato *, che alla latitudine di Parigi le ombre cadenti sopra gli oggetti bianchi illuminati dal Sole all' orizzonte, sono nel solstizio d' inverno di un vivace color verde declinante all' azzurro, negli equinozj di un azzurro appena verdeggiante, e di un color affatto turchino nel solstizio d' estate.

Ma qualunque siasi il color che presentano le ombre mattutine e vespertine, esso mantiene sempre una relazione osservabile col tuono di colore che predomina nel lume da cui sono generate; e mentre questo, nel declinare del Sole all'orizzonte volge da un leggero color giallo, nascente dapprima e indistinto per la forza del lume, ad un chiaro color d'arancia, e quindi all'aranciato carico ed al rosso nel farsi intanto più debole il lume per la maggior copia di raggi che và perdendo, le apparenze dell' ombre vedonsi contemporaneamente cangiare da un fosco color d'indaco o porporino, spento in principio nella soverchia pienezza dell'ombra, ad un color d'indaco più aperto, e quindi al turchino, ed all'azzurro verdastro, diventando insieme progressivamente più languide l'ombre.

Questa singolare corrispondenza o armonìa tra i due opposti colori che contemporaneamente si annunziano nelle ombre e negli oggetti bianchi illuminati dai raggi del Sole tramontante o nascente, aveva fissata l'attenzione degli osservatori lungo tempo innanzi che ne fosse conosciuta la legge, la quale in vero non poteva determinarsi se non dipoi che le belle esperienze di Newton ebbero sve-

---

* *Journal de l'Ecole Polytecnique* - XIème cahier -.

lata la natura e la composizione della luce.

E' noto per queste, * che se nel sistema dei raggi semplici atti a destar l'idea de'primigenj colori del quale componesi la luce bianca, si spengano o s'indeboliscano i raggi d'una data specie, per esempio i violetti, la luce risultante dalla riunione degli altri non rimarrà già incolorata, ma si mostrerà come di un color verde pendente sul giallo, tanto più distinto, quanto maggior copia di raggi violetti si sarà spenta: se in vece di questi si estinguano o s'indeboliscano i raggi di color d'indaco o porporino, la luce che dal rimanente dei raggi componesi, apparirà di un color giallo-carico pendente sull'aranciato: se in luogo dei porporini si sopprimano gli azzurri, la rimanente luce tenderà a mostrarsi come di un color d'arancia vergente al rosso. E qualunque de'colori semplici si tolga o si spenga nella luce, il colore risultante dagli altri insieme riuniti si determinerà colla seguente regola, cioè: se lo spettro dei colori primitivi ottenuto dalla refrazione di un raggio di luce solare attraverso del prisma, ricevasi sopra un piano perpendicolare al raggio di media refrazione, e dividasi in due parti con una linea normale all'asse dello spettro nel confino del verde coll'azzurro, e si prendano due colori ugualmente distanti dall'estremità superiore di ciascuna delle due parti in cui è diviso lo spettro, quali sono per esempio il rosso, e il colore tra il verde e l'azzurro, l'aranciato e l'indaco chiaro, il giallo e quella parte di violetto che è a confino dell'indaco, o in generale due altri colori qualunque in simili condizioni, l'uno di questi colori sarà quello che prenderà la luce bianca tosto che l'altro venga in essa ad estinguersi; onde vedrassi la luce incolorata

---

* *Nevvton* - *Optice lucis* - Lib - I. Par. 2.

volgere ad un color verde-azzurro spegnendosi o indebolendosi i raggi rossi, ed al rosso togliendole o affatto o in parte i raggi intermedj tra i verdi e gli azzurri. Due colori che abbiano tal relazione fra loro, che estinto l' uno nella luce bianca o incolorata, l'altro vi apparisca predominante, sì che la luce che dagli altri raggi componesi, illuda le sembianze di quest'unico colore, diconsi tra loro *conseguenti o complementarj*. *

Tale è appunto la relazione che esiste tra i due colori contemporanei dell'ombre mattutine o vespertine, e del lume del Sole nascente o tramontante da cui son generate. E osservando attentamente i fenomeni si vedrà che mentre il lume del Sole va voltando successivamente da un chiaro color giallo appena sensibile in principio, ad un color giallo aranciato più acceso, ed in fine al color d' arancio rossastro nel declinar di quest'astro all' orizzonte, il color dell'ombre cangia progressivamente dall' indaco cupo, da prima appena distinto, al turchino più chiaro ed infine all'azzurro pendente sul verde, passando per tutte le gradazioni de'colori complementarj de' primi; quasichè di que' raggi stessi di cui spogliasi la luce del Sole trasmettendosi per un tratto d'aria più esteso e più denso, si avvivasse la languida luce che dall'area dell' ombra riflettesi allo Spettatore.

---

* La seconda di queste denominazioni è stata introdotta da *Hassenfratz*. Io aveva prescelta la prima, come quella che esprime solamente il fatto senza presentare verun'idea sistematica.

IV.

Dei fenomeni, e delle Leggi dell'accidentale colorazione dell'ombre.

.... Ita res accendunt lumina rebus.

Lucr. de rer. nat. Lib. I.

Ma i fenomeni finora descritti non sono il solo esempio in cui si manifesti l'indicata legge di relazione tra il colore apparente delle ombre, e quello che predomina nel lume da cui son generate; essa verificasi generalmente in tutti i casi ne'quali le ombre cadenti sopra una superficie bianca, veggonsi accidentalmente colorate.

Già era noto da lungo tempo *, che simiglianti apparenze non si manifestano solo sul nascere e sul tramontar del Sole; ma che oltre a quelle che vengon prodotte al lume aperto dell'aria dall'intercettare sulle superficie bianche i raggi di quest'astro allorchè esso è per immergersi nell'orizzonte, si hanno dell'ombre porporine ed azzurre a qualunque ora del giorno dentro di luoghi chiusi, ove la luce solare sia ripercossa da alcun'oggetto bianco, se insieme una parte di cielo chiara possa scorgersi da quel luogo, e la luce estranea ne venga con ogni diligenza esclusa.

Vedonsi pure di tali ombre sul far del giorno, alcun poco avanti allo spuntar del Sole, così come sulla sera dopo il tramontar di quest'astro, in luoghi ove gli oggetti siano illuminati insieme dalla luce del crepuscolo mattutino o vespertino, e da quella di una candela, o di una lucerna accesa. Le ombre che produconsi allora dall'in-

* Mèmoires de l'Académie Royale des Sciences de Berlin, pour l'an. 1767.

tercettare i raggi di questa, alla distanza di alcuni passi dalla finestra, si mostrano di un pallido ma distinto color' azzurro (*Nota VIII.*), che diventerà tanto più carico quanto più si anderà accostando alla parete l'obice da cui l'ombra è prodotta, in ragione dell' aumentata intensità o forza della medesima. Ma ovunque non giunga la luce diurna, le ombre si troveranno nere senza alcun vestigio di turchino.

Le apparenze s'inverteranno, se le ombre vengan generate dall'intercettare la luce diurna, e illuminate dai raggi della fiamma; nel qual caso si troveranno queste di un vivace color d'arancia giallastro, complementario di quello dell'ombre che nella precedente esperienza eran prodotte dall'intercettare sulla parete i raggi della candela accesa, e rischiarate da quelli del crepuscolo mattutino o vespertino. Si ha di ciò un'esempio sensibile anche nell'ombre generate sopra una bianca parete dal frapporre un corpo opaco ai raggi della Luna, mentre la luce di una tenue e rara fiamma illumina insieme la parete medesima senza render perciò men distinti i termini delle ombre.

Or se si faccia attenzione alle varie modificazioni che secondo le diverse circostanze si presentano nelle apparenze di tali ombre, si vedranno dipendere costantemente dagli analoghi cangiamenti che accadono nel lume della fiamma sia per la rapidità della combustione, sia per la varietà del processo per cui si eccita la luce; la quale se più rosseggerà, il color dell'ombre generate dall'intercettarla sulla parete, diverrà di un'azzurro più verdeggiante; e se all'opposto inclinerà più verso il color d'aurora pallido, o verso il giallo, più il color dell'ombra accosterassi all'indaco o al porporino.

Che se con la luce atmosferica concorrano ad illuminare l'interna parete di una stanza i raggi solari riverberati da una superficie colorata o trasmessi per un mezzo

trasparente pur colorato, ne risulteranno le più vaghe e più graziose apparenze nell'ombre generate dall' intercettare sulla parete i raggi riflessi da quelle superficie, o emergenti dai mezzi colorati frapposti al loro libero corso. Così mentre una superficie di color rosso riverbera la luce solare sulla parete, se oppongasi ai raggi ch'essa riflette, un corpo opaco, in modo che l'ombra che ne risulta non tramandi allo Spettatore altra luce che la diurna, l'ombra vedrassi del più bell'azzurro verdeggiante nel tempo che la parete si tinge di un chiaro color rubicondo; con un piano riflettente di color d'arancia che rimandi i raggi solari sulla parete, le ombre saranno di un vivace color d' indaco aperto; con un piano riflettente giallo, le ombre appariranno di un color d'indaco cupo pendente sul violetto; con un riflesso di color verde, le ombre si avranno di un rosso cremisi pallido; con un riflesso di lume turchino o blù, si avranno di un color rossastro languido pendente sull'aranciato; con un riflesso di luce porporina, si avranno di un pallido color d'aurora; infine con un riflesso di color violetto, si avranno le ombre di un tenue color giallastro pendente sul verde. *

Uguali apparenze tornerebbero a manifestarsi ove in luogo di superficie colorate disposte in modo da riflettere la luce solare sull'interna parete di una stanza, in concorso con la luce atmosferica, si opponessero ai liberi raggi del Sole dei mezzi trasparenti colorati, in modo che la luce emergente da essi illuminasse la parete medesima ad esclusione di qualunque altro lume, toltone quello dell'atmosfera.

---

* V. la mia Lettera al Sig. D. Cioni sulle ombre colorate, nel *nuovo Giornale dei Letterati di Pisa* - Tom. II. Parte I.- Le osservazioni in essa riferite erano anteriori a quelle dei Sigg. Prieur e d'Hassenfratz sui colori accidentali dell'ombre.

Un'esempio osservabile di questo genere può aversi dal frapporre ai raggi solari che illuminano un cartone bianco, esposto insieme alla più viva luce dell'aria, una lastra di vetro colorata per esempio in un rosso cupo; la superficie del cartone tingerassi di un delicatissimo color rossastro; e se s'intercettino sopra una parte di essa i raggi emergenti dal vetro colorato opponendovi un piccol corpo opaco, l'ombra che ne risulterà, e che non riflette allo Spettatore altra luce oltre quella che riceve dall' atmosfera, apparirà del più bell'azzurro-oltramare, vale a dire del color complementario corrispondente a quello che trionfa nel campo all'intorno illuminato dalla luce che emerge dal vetro.

Si potrà così a qualunque ora del giorno riprodurre a piacimento qual che si voglia dei colori prismatici nell' ombre, sol che oppongasi ai liberi raggi del Sole un *mezzo* semitrasparente colorato, come per esempio una tenda colorata di taffettà, che attenui insieme e modifichi il lume per essa trasmesso. Così se vogliansi ottenere delle ombre di color d'indaco, ossivvero di color'azzurro verdastro, basterà nel primo caso frapporre ai raggi del Sole una tenda di taffettà di color aranciato pallido, o di color rosso cupo nel secondo, mentre il più vivo lume diurno rischiara le ombre generate sulla parete medesima da un corpo opaco che intercetti sopra una parte di essa i raggi trasmessi pel taffettà. Queste apparenze emulano quelle che si osservano nell'ombre sul nascere e sul tramontare del Sole.

E' curioso a vedersi come con un'artifizio consimile possano ottenersi successivamente tutte le varie apparenze dei colori prismatici nelle ombre generate sulla parete o sopra una superficie bianca qualunque, illuminate insieme dalla più pura luce dell'aria, e dalla luce diretta dal Sole. Perchè se ai raggi solari oppongasi un mezzo trasparente

di color d'arancia in modo che il campo all'intorno dell' ombra tingasi di un color d'arancia delicatissimo, le ombre appariranno di un vivace color d'indaco o porporino; e reciprocamente se oppongasi ai raggi solari un mezzo trasparente di color d'indaco per cui tingasi di un lume porporino l'area all'intorno dell'ombra, vedrassi questa di un languido color d'arancia, invertendosi per tal modo i colori del lume e dell'ombra dati dalla precedente esperienza. Così se il lume che investe il campo contiguo all' ombra lo colori di un bel verde declinante all'azzurro, l'ombra apparirà distintamente rossastra; come il color accidentale dell'ombra era di un bell'azzurro oltramare o verdastro quando tendeva ad un rosso acceso il color del lume cadente sul campo all'intorno della medesima.

Or come avviene egli, che secondo il diverso tuono di colore del lume che il campo contiguo all'ombra riflette allo Spettatore, questa si mostri costantemente del color complementario corrispondente? La debole luce che parte dall'ombre, non è ella in tutti questi casi la stessa, vale a dire una porzione del lume che esse ricevono dall'aria? E anche ove in luogo della luce atmosferica concorresse sul *portaoggetti* * la luce diurna riflessa da una vicina parete bianca, o da un'oggetto candidissimo qual ch'egli siasi, si otterrebbero pure, s'ella fosse abbastanza vivace, sull'opposto piano bianco, delle ombre tinte de' più vaghi colori, che si troverebbero sempre i complementarj corrispondenti di quelli che trionfano nella luce riflessa dalle contrapposte superficie colorate, o trasmessa dai mezzi colorati opposti ai liberi raggi del Sole, da cui s'illumina il campo all'intorno dell' ombra.

---

* Chiamasi così un piano rettangolare bianco, mobile in tutti i sensi destinato a ricevere le immagini degli oggetti negli esperimenti dell'Ottica.

Ripensando all'inconcepibile varietà dei colori osservati in quest' ultime esperienze, molti de' quali sembrano non avere veruna relazione col tuono di colore della luce che le ombre riflettono allo Spettatore, è facile venire in sospetto che i colori dell'ombre, non ostante l'apparente loro vivezza, altro non sieno che un' illusione ottica cagionata da un' azione qualunque sull' occhio, de' colori che trionfano nella luce riflessa dal fondo su cui l' ombra campeggia. Il Sig. de-Rumford ha verificato prima d' ogni altro questo sospetto mediante un' osservazione decisiva che riferiremo a suo luogo. Gioverà qui per ora di riportare il seguente fatto.

La colorazione accidentale dell'ombra generata dall' intercettare sopra una parte del portaoggetti la luce solare riflessa da una superficie colorata, era al suo massimo grado di vivacità: l'ombra cadeva sull'estremo lembo del porta-oggetti. Io veniva allora frapponendo tra l'occhio e il rimanente della superficie del portaoggetti medesimo un diaframma o parafuoco tinto in nero, in modo che l'ombra sola rimanesse visibile: le apparenze svanivano affatto. Ma se, rimuovendo alcun poco il diaframma, io cominciava a rivedere insieme coll'ombra una parte del campo del porta oggetti, il color dell'ombra tornava, quasi per un incanto, a mostrarsi in tutta la sua vivacità primitiva.

Questa osservazione non è forse della minima importanza nella ricerca delle cause da cui dipendono siffatte apparenze: ma prima d'inoltrarsi più avanti in questo soggetto, sarà utile di vedere una nuova applicazione dei principj fin quì stabiliti ai fenomeni dell'ombre duplicate.



V.

Esperienze sull' ombre duplicate.

Le prime osservazioni intorno ai colori accidentali della luce ebbero causa dai fenomeni delle ombre duplicate che un corpo opaco illuminato nel tempo stesso per due diverse parti getta sopra una superficie bianca, sulla quale vedonsi non di rado di due differenti colori, e talora vivissimi, le due ombre.

Ma questi fenomeni avevano appena destato una sterile curiosità, nè per altro eran noti che per alcune osservazioni staccate, e generalmente inesatte (tranne quelle che ne ha lasciate nel suo *Trattato della Pittura* Lionardo da Vinci), allora che il Sig. de-Rumford venne presentandoli di nuovo all'attenzione dei Fisici, condottovi egli stesso inaspettatamente dai tentativi intrapresi per determinare le quantità comparative di luce che tramandansi dai varj corpi luminosi *. Nè per quanto sieno ad esso sfuggite le leggi di quelle singolari apparenze, è meno interessante perciò l'istoria delle sue ricerche su questo argomento, che egli ha esposte nella più originale e disinvolta maniera, e di cui è pregio dell'opera di dare un breve saggio.

" Volendo confrontare, egli dice, con la luce di un giorno sereno quella di una candela accesa, rendei oscura la stanza, se non che per un piccol pertugio fatto nell'imposta di una finestra vi lasciai adito alla luce diurna in modo che i di lei raggi s' incontrassero sull' opposta parete, o sulla superficie di un portaoggetti, con quelli

---

* Lettera al Cav. Banks nelle *Trans Filos. per l' anno* 1794.

della fiamma di una candela allo stesso angolo d'incidenza che questi . Frapponendo allora ai raggi de' due lumi, parallelamente alla superficie illuminata , e alla distanza di due o tre pollici dalla medesima , un cilindro opaco di mezzo pollice di diametro , n' ebbi su quella due ombre , e fui ben sorpreso al vedere ch' esse non eran già scolorate , quali io m' aspettava trovarle , ma che l' una di esse corrispondente al lume diurno , e rischiarata dai raggi della candela, era di color giallo-carico , mentre l' altra prodotta dal lume della candela , e illuminata dai raggi diurni , era del più bell' azzurro possibile . "

" Avvicinando al porta-oggetti la candela , l' ombra azzurra diveniva più intensa , e la gialla gradatamente più debole : allontanandola , diveniva più forte l' ombra gialla , e più languida l' azzurra . Se lasciando immobile la candela, venivasi , ad aumentare o a diminuire l' apertura dalla quale provenivano i raggi diurni , ne accadevano le medesime variazioni d' intensità nei colori dell'ombre . E adoperando congiuntamente l'un mezzo e l' altro , vedevansi le ombre passare per tutte le immaginabili gradazioni dei più schietti colori giallo d' aurora , ed azzurro sino a scomparire interamente allo sguardo , e ritornar quindi alla primiera vivacità . "

" Come avvien dunque , che poste queste circostanze le due ombre appariscano immancabilmente tinte di azzurro l' una , di giallo carico l' altra ? Che l' ombra corrispondente al lume diurno , e rischiarata dalla luce giallastra della candela , sia gialla pur' essa , non par sorprendente ; ma perchè vedesi azzurra l' ombra prodotta dal lume della candela , e rischiarata dal lume diurno che ci par bianco ? Imaginai a principio che ciò si dovesse al color' azzurro del cielo , ma mi trovai costretto ad abbandonare quest' opinione , quando viddi gli stessi fenomeni e viddi anzi l' azzurro più vivo nelle ombre , alla luce di un chiaro

giorno riflessa nella stanza dai vicini tetti coperti di candidissima neve poc' anzi caduta. "

" Persuaso perciò che il diverso candore delle due luci fosse una circostanza essenziale alla produzione del fenomeno, m'argomentai d'ottenere le stesse apparenze adoperando due luci artificiali convenientemente modificate. "

" Poste due candele accese di cera dirimpetto ad un porta-oggetti in modo da avere due ombre uguali da un cilindro interposto, quelle ombre erano affatto incolorate, comunque fossero collocati i due lumi; ma avendo messo davanti ad una delle candele un vetro di color giallo-aranciato, immediatamente l' una delle due ombre si tinse di un color giallo-carico, e l' altra del più vivace color'azzurro. Adoprando in vece di due candele due lucerne a cilindro, le ombre apparvero anche più fortemente colorate, volgendo la gialla un poco più verso l' aranciato, e l' azzurra verso il verde-oltramare. "

" Avendo veduto che le due ombre corrispondenti ai due lumi tingevansi l'una in giallo, e l' altra in azzurro, solo col frapporre all' uno di essi un vetro di color giallo carico, m' avvisai di sostituire a questo un vetro di color' azzurro, e n' ebbi lo stesso fenomeno di un' ombra azzurra, e di una di color giallo d' aurora, se non che i colori eransi per dir così rovesciati, essendo azzurra quella che dianzi era gialla, e viceversa ".

" Volli allora con i medesimi vetri cimentare la luce diurna, ed avendo fatto due aperture nell'imposta della finestra di una camera oscura in modo che la luce diurna illuminasse per ugual modo la superficie di un porta-oggetti oppostovi, n' ebbi distinti i due colori delle ombre, che cangiando a seconda del vario colore predominante in uno de' due lumi, venivano presentandomi una successione di vaghe, e inaspettate apparenze. In una giornata

serena, mentre erravano con rapidità pel cielo delle nuvole staccate, ognuna di queste passando portava in ambedue le ombre una serie di varianti colori, e di tinte le più armoniche. Se qualche colore poteva dirsi predominante era il porporino: colori però d'ogni genere mi si mostrarono, ed alcuni mi parvero affatto nuovi. "

Noi non seguiteremo più oltre il Sig. Rumford nelle riflessioni e nelle congetture ch' egli è venuto traendo da questi fatti. È facile accorgersi che ogni tentativo per avvicinarsi alla cognizione delle loro cause era inutile, finchè era ignota la legge di relazione che esiste fra i due contemporanei colori dell' ombre.

Abbiamo già sufficientemente dimostrate nei fenomeni dell' ombre solitarie le leggi di questa singolare dipendenza del colore accidentale, che si manifesta nell' ombra, dal color predominante nella luce per cui l'ombra è prodotta: abbiamo determinate le circostanze da cui queste apparenze dipendono; le loro condizioni, ed i loro limiti. Queste leggi debbono esser comuni ai fenomeni delle ombre duplicate; l'analogìa ne persuade, ma conveniva dimostrarlo con una diretta esperienza: quella che io ho eseguita, e che mi sembra potersi onorare del titolo che dava Bacone all'esperienze decisive, pone in evidenza che i fenomeni della colorazione accidentale dell'ombre solitarie, e quelli delle ombre duplicate, risolvonsi in un fatto unico, e che non differiscono fra loro se non che per un accessoria circostanza, estranea alle condizioni da cui gli uni e gli altri dipendono.

Sopra un telajo rettangolare, mobile nel senso verticale e nell'orizzontale onde poterlo volgere in tutte le direzioni, era tirata una finissima e candidissima tela, che formava il piano del *porta-oggetti*, ed era terminata per ogni parte da una lista o contorno di nero. Un cilindro di legno annerito di mezzo pollice di diametro vi era collo-

cato davanti, parallelamente al piano del porta-oggetti, ad una distanza variabile a piacimento, e mobile pur esso all' intorno in modo da mantenersi costantemente parallelo al porta-oggetti medesimo.

Nell' imposta delle due finestre di una Stanza risguardanti due diversi punti dell'orizzonte *, era stata fatta un' apertura rettangolare per ciascheduna da potersi render più o meno angusta a piacimento; dall'una delle quali introducevasi nella Stanza la luce del Sole, dall' altra la luce diurna riflessa dall' atmosfera. L' apparato era collocato in modo tra le due finestre, che mentre per l'una veniva illuminato perpendicolarmente dai raggi del Sole, per l' altra lo era assai obliquamente dai raggi diurni, che da un ampio tratto di cielo riflettevansi sul porta-oggetti. In questo stato di cose l'ombra intensissima del cilindro sul piano del porta-oggetti medesimo non presentava veruna singolarità di apparenze.

Io veniva allora interponendo ai raggi del Sole una lastra di vetro colorata in rosso: la superficie del porta-oggetti tingevasi sul fatto di un delicatissimo color rosso dalla luce emergente dal vetro, e l' ombra solitaria generata dai raggi medesimi intercettati sul porta-oggetti dal cilindro opaco interposto, e illuminata dai raggi diurni, appariva del più vivace color verde azzurro, o oltramare.

Che se io veniva volgendo alcun poco il porta-oggetti sì che la luce diurna proveniente dalla finestra laterale ne investisse meno obliquamente la superficie, e se nel tempo stesso io rendeva più angusta l' apertura da cui derivava la luce medesima, per temperarne la forza sul porta-oggetti altrettanto quanto aveva dovuto crescervi per la diminuita obliquità de' suoi raggi, ne risultavano

---

*Nelle mie prime esperienze l'una era volta a mezzogiorno, l'altra a ponente.

su di esso, dal cilindro interposto, due ombre distinte; l' area o il campo all' intorno non vedevasi colorato altrimenti di quel leggero ma vivace lume rosseggiante che lo tingeva per l' innanzi; ma l'una dell'ombre, corrispondente ai raggi diurni, e illuminata dai raggi solari modificati dal vetro colorato interposto, appariva tinta del più bel color rosso, mentre l' ombra illuminata dai raggi diurni, vedevasi come prima del più vivo color verde oltramare o turchineggiante.

Nè diverse erano le apparenze, se il porta-oggetti in vece di essere illuminato dalla luce emergente dalla lastra di vetro di color rosso, lo fosse stato dalla luce riflessa da un riverbero di conforme colore posto a specchio del Sole.

Ma queste apparenze, che ottenevansi vivacissime contemperando opportunamente la forza del lume diurno, e della luce che concorreva con esso sul porta-oggetti, facevansi più languide e svanivano talora anche affatto, sol che fosse venuta cangiando oltre di certi limiti l' intensità relativa delle due luci. Così mentre il lume diurno sul porta-oggetti era debolissimo, e intensissima all'incontro la luce solare che vi giungea dal riverbero o dal vetro colorato interposto, l'ombra corrispondente appena accennava una languida sfumatura di azzurro verdastro, che scompariva pure quasi interamente se quella luce fosse divenuta troppo più forte che il lume riflesso dall' aria. Ma allora che l'intensità del lume diurno sul porta-oggetti rendeasi a grado a grado maggiore, il color' azzurro verdastro dell ombra facevasi più vivace, e più chiaro sino ad emular le apparenze di uno splendido colore oltramare; dopo di che continuando a crescer di forza il lume diurno, e rimanendo più debole la luce che concorreva con esso sul porta-oggetti, veniva di nuovo ad illanguidirsi il colore dell' ombra, ed anche ad estinguersi, ove la luce del

giorno fosse diventata troppo più intensa dell' altra.

E nel caso delle due ombre, mentre i due opposti colori rosso e verd' azzurro di cui tingevansi, erano al massimo grado di forza, e di vivacità, bastava indebolire alcun poco l' una delle due luci concorrenti sul porta-oggetti per vedere illanguidirsi del pari l' uno e l' altro insieme dei due colori nelle ombre; se non che l' una dell'ombre facevasi più chiara, l'altra più fosca e più intensa, per la diminuita vivacità della luce, da cui la prima era prodotta, e la seconda illuminata.

Queste medesime esperienze sono state fatte sostituendo dei vetri o de' riverberi di colori diversi al vetro rosso opposto alla luce solare da cui veniva illuminato il porta-oggetti. E gli stessi effetti vi hanno costantemente avuto luogo, sia che si adoprassero dei vetri o dei riverberi di color d' arancia, nel qual caso l' ombra illuminata dalla luce diurna presentava un color d' indaco aperto; o dei vetri di color verde, nel qual caso la stessa ombra presentava un color violetto rossastro; o dei vetri di color porporino, nel qual caso l' ombra medesima appariva di un color d' aurora o aranciato-carico; e in generale per mezzo di riverberi o di vetri di un colore qualunque, il di cui *conseguente* o *complementario* si manifestava immancabilmente nell' ombra generata dai raggi provenienti dal vetro o dal riverbero, e illuminata da quelli dell'atmosfera.

Si potrebbero agevolmente riprodurre in qualunque circostanza i fenomeni stessi opponendo ai raggi del Sole illuminanti una carta bianca, battuta nel tempo stesso dai raggi dell' atmosfera, una tenda di drappo di seta colorato, e presentando in distanza di uno o due pollici dalla carta un piccol corpo opaco qualunque, che vi getterebbe due ombre, l' una del colore del mezzo interposto ai raggi solari, l' altra del complementario corrispondente.

È superfluo l' avvertire che per osservare distintamente i fenomeni, oltre all' escludere affatto dalla stanza ogni altra luce fuori che quella che serve all' esperimento, converrebbe moderare opportunamente la forza della luce solare trasmessa pel drappo colorato. Io ho ottenuto vivacissime queste apparenze illuminando un piccolo porta-oggetti per mezzo dei raggi diurni, e della luce solare trasmessa attraverso di un sottile strato di liquidi colorati. Così la soluzione porporino-violetta di ossido di rame nell' ammoniaca, frapposta ai raggi del Sole, faceva comparire del più vivace giallo-citrino le ombre illuminate dalla luce diurna; e la soluzione condensata di ossido di rame nell' acido muriatico, che presentava il più bel color verde, faceva comparire di un chiaro color rosso-violetto le ombre generate dalla luce emergente dal liquido, e illuminate dai raggi dell' atmosfera.

Con questi medesimi mezzi ho cimentata la luce artificiale della combustione, e situando due candele o due lucerne accese in modo che ambedue illuminassero sotto lo stesso angolo la superficie di un porta-oggetti, io collocava davanti all' una di esse un prisma rettangolare le di cui facce opposte e parallele, distanti un quarto di pollice tra loro, eran formate di due lastre piane di vetro bianco, tra le quali contenevasi un liquido colorato. La luce emergente da questo rimanendo indebolita per la perdita di una parte de' suoi raggi, io discostava l' altra candela dal porta-oggetti onde rendere corrispondentemente più debole sopra di esso anche la luce di questa, o secondo l' opportunità io veniva accostando al porta-oggetti la prima candela per compensare col maggiore avvicinamento la perdita o diminuzione di luce, derivante dal mezzo colorato interposto.

E secondo il diverso colore di questo, tutti i varj colori della luce rendevansi successivamente apparenti o sen-

sibili nelle ombre illuminate dai raggi diretti dell'uno dei due lumi; talchè rosso essendo il liquido (che ottenevasi da una leggera tintura di cocciniglia), rossa ed azzurro-verdastra erano le due ombre; se di color d'arancia era il liquido, l'una di esse tingevasi in aranciato, e l'altra appariva color d'indaco o porporina; se di color giallo, di simil colore era l'una dell'ombre, e di un tuono tra violetto e porporino l'ombra opposta; se di color verde, l'una delle ombre era verde, e l'altra rosso-violetta; e in generale il color di quest'ultima era in ogni caso il *complementario* corrispondente di quello di cui si tingeva la prima.

Or se le circostanze medesime dalle quali abbiam veduto dipendere nei descritti esperimenti le apparenze delle ombre, riuniscansi accidentalmente nel concorso di diversi riflessi di lume sopra un'oggetto bianco, ne risulteranno i medesimi fenomeni di colorazione. Così noi vediamo talora sopra una parete bianca, illuminata insieme dalla luce dell'atmosfera e dalla luce solare riflessa dalla facciata di una fabbrica, le ombre di un corpo opaco interpostovi tinte dei due colori giallognolo-chiaro, e indaco o porporino leggero: così se il riflesso del lume solare provenga da un tetto vicino coperto di embrici, l'una vedesi di un vivacissimo azzurro, l'altra di un color rossastro vergente al color d'aurora; se il riflesso provenga da una vicina siepe verdeggiante o da una praterìa illuminata dal Sole, le ombre sono verdi, e rosso-violette: se infine la stanza abbia delle pareti colorate che riflettano i raggi solari sul piano bianco dell'ombre in modo che concorra pur quivi la luce riflessa dell'aria, noi vediamo nelle ombre illuminate da questa il color *conseguente* o *complementario* di quello delle ombre sulle quali la luce atmosferica è intercettata.

E noi vedremmo anche più frequenti e più ovvj que-

sti esempj di colorazione nei varj ribattimenti di lume che per diverse parti illuminano un'oggetto bianco, se come abbiamo già osservato non dipendessero meno da certi limiti d' intensità relativa dei lumi da cui l'ombre son generate, che dalla varia costituzione dei lumi medesimi. E se non fosse la soverchia vivacità dei raggi solari, e i moltiplicati riflessi di luce che per ogni parte concorrono ad illuminare gli oggetti allora che il Sole è alto sull' orizzonte, noi vedremmo colorate a qualunque ora del giorno le ombre generate sulla superficie degli oggetti bianchi dai corpi opachi frapposti ai raggi di quell'astro, purchè tali ombre fossero insieme illuminate dalla più viva luce dell' atmosfera; e si vedrebbero esse volgere a grado a grado dal color verde oltramare appena turchineggiante, al color d' indaco o porporino più intenso, quale esse manifestano infatti allorchè con la luce atmosferica concorre sopra di una parete il lume solare riflesso da una facciata bianca, e abbastanza lontana per attenuarne l' effetto sulla parete medesima, da cui sia stato pure accuratamente allontanato ogni altro riflesso di lume.

In una notte serena, mentre i raggi della Luna concorrono con quelli di una candela, o di una lucerna accesa, sopra una candida superficie, se la forza dell' una e dell' altra luce sul piano illuminato sieno opportunamente contemperate, si avranno le più vaghe apparenze nelle due ombre generate sul piano medesimo da un corpo opaco interposto: l'ombra rischiarata dai raggi della luna si vedrà di un chiaro color azzurro-verdastro (*Nota IX*), e l' ombra opposta rischiarata dai raggi della candela vedrassi di un languido color d' arancia leggermente rosseggiante. E a diverse altezze dell' astro sull' orizzonte, massimamente nelle più fredde e più serene notti d' inverno, quando l' aria è più densa, le due ombre vedransi sensibilmente cangiar di tuono di colore in maniera che se al

momento che l'astro spunta dall' orizzonte o tramonta, l' ombra illuminata dai raggi lunari si trovi di un color verdastro lievemente inclinante all' azzurro, e l' altra di un color d' arancia rosseggiante, alla massima altezza dell' astro vedrebbesi la prima di un color' azzurro più aperto, e l' altra di un pallido color d' arancia pendente sul giallo; fenomeni che pur si otterrebbero in uguali circostanze dalla luce solare riflessa sul porta-oggetti mercè di una candida superficie, a diverse altezze del Sole sull'orizzonte.

Ma i raggi stessi della Luna che in concorso con quelli di una lucerna accesa colorano le ombre in un tuono tra il verde e l' azzurro, tingono all' incontro le ombre in un leggero color giallastro, ove concorrano con la vivacissima luce che l' aria riflette allo spettatore appena tramontato il Sole in una serena giornata d' inverno, mentre le ombre illuminate da questa luce diurna tingonsi di un languido ma distinto color cilestro. E più evidenti ancora queste apparenze si otterrebbero in quel momento dal lume diurno riflesso dalla parte occidentale del cielo, ov' esso concorresse col lume di una candela, di una lucerna accesa, o di altra fiamma qualunque; tingendosi allora di un vivace color azzurro-verdastro l' ombra battuta dai raggi diurni, e di un pallido color d' aurora l' opposta ombra; o di un delicato azzurro-oltramare la prima, allora che si mostra di un color d' arancia infuocato e vergente al rosso l' ombra illuminata dalla fiamma. Nè forse più vago spettacolo e più ricco apparato di colori presentano le ombre, di quello che sul far della sera, o in un mattino sereno, massimamente d'inverno, si può ottenere dalla luce occidentale, o dalla orientale, allora ch' essa concorre ad illuminare degli oggetti bianchi con la luce riflessa dall' opposta parte del cielo; e in special modo quando alcuna delle nuvole solitarie sparse per l' aria

colorasi ai raggi del Sole tramontante o nascente, e ne riverbera su quelli oggetti la luce. Vedonsi allora delle due ombre generate sulla superficie degli oggetti medesimi da un corpo opaco interpostovi, presentar l'una, secondo il vario color dominante nel lume riflesso dalle nubi, tutte le gradazioni di colore dal giallo dorato delicatissimo sino al rosso infuocato, e l' altra tutte le gradazioni *complementarie* corrispondenti dal color porporino sino all' azzurro-oltramare, e tutte vivissime.

Che se vogliasi riprodurre questi fenomeni in qualunque tempo, a grado dell' osservatore, basterà solo far concorrere insieme sopra una superficie bianca i raggi di luce che sviluppansi dal processo della combustione di due diverse sostanze. Così presentando ad una carta illuminata dai raggi che partono da una candela accesa, e da quelli che tramandansi da un carbone vivamente incandescente, un obice opaco che vi getti due ombre conformi, vedransi queste di due opposti colori, mostrandosi di un porporino azzurreggiante quella che è rischiarata dalla luce del carbone, e di un color d'aurora rosseggiante quella che è illuminata dai raggi della candela: così la fiamma dell' alcool colora in un rosso-pallido declinante all' aranciato le ombre determinate dai raggi del carbone ardente, mentre questi colorano in turchino le ombre corrispondenti determinate dalla luce dell' alcool: così le ombre generate dalla luce di una lampada a olio, e illuminate da quella dell'etere o dell' aria infiammabile, appariscono di un leggero color rossastro, mentre le ombre conjugate prodotte dalla luce dell' etere o dell' aria infiammabile, e rischiarate da quella della lampada, sono azzurre. (*Nota X.*)

Nel gran numero delle sostanze, dalle quali, sia per l' inalzamento della temperatura, sia pel processo chimico della combustione, manifestasi una irradiazione di luce, non ve ne ha forse alcuna che concorrendo con un altra

ad illuminare degli oggetti bianchi, non sia capace di dare origine ai fenomeni del doppio colore accidentale dell' ombre. Ma non solamente secondo la diversa natura de' corpi che ardono, le due luci variamente colorano le ombre da esse respettivamente stenebrate, ma secondo la diversa rapidità della combustione, o secondo il diverso grado d' incandescenza, due sostanze per loro omogenee sono in grado di eccitare le apparenze medesime. In simil guisa mentre la fiamma ordinaria di varj lumi a olio riuniti illumina vivamente una superficie bianca, se la fiamma d' una lucerna a corrente d' aria, alimentata ugualmente dall' olio, o meglio ancora quella di una lucerna avvivata da una corrente di aer' ossigeno, concorra ad illuminare la superficie medesima, le due ombre generate su questa da un obice interposto vedransi di un bel color d' indaco l' una, di un color d' arancia rossastro l' altra, ove la forza delle due luci sul piano illuminato si trovi al grado conveniente.

E accaderà talvolta, che mentre in uno dei lumi diventa più lento il processo da cui deriva l' irradiazione della luce, i colori delle due ombre non pure vadano perdendo di vivacità sino ad estinguersi affatto, ma ricompariscano dipoi rovesciati o permutati fra loro: di che potrà vedersi un' esempio, se una lucerna a spirito di vino la cui fiamma venga avvivata da una corrente di aria vitale o aer' ossigeno, concorra ad illuminare una bianca superficie con una lucerna a olio a semplice corrente d' aria; nel qual caso, dopo di aver collocati alla conveniente distanza dal piano i due lumi, vedrassi tinta d' un chiaro color d' indaco l' ombra illuminata dai raggi della lucerna a spirito di vino, e di color giallo-ranciato l' ombra opposta rischiarata dai raggi della lucerna a olio: ma se a grado a grado venga attenuandosi la corrente dell' aer' ossigeno sulla fiamma della prima, e si allontani dal

piano illuminato la seconda in proporzione che la luce dell' altra và scemando di forza, i due colori dell' ombre dopo aver perduto progressivamente di vivacità si dilegueranno anche affatto, e continuando a smorzarsi a poco a poco la corrente dell' aer' ossigeno, i due colori torneranno con una gradazione insensibile a ricomparire, ma rovesciati, di modo che l' ombra a cui apparteneva per l' innanzi il color d' indaco chiaro, diventerà di color giallo-ranciato, e quella a cui apparteneva il color giallo-ranciato apparirà di color d' indaco.

Ma nel massimo grado di vivacità di queste apparenze, esse dileguansi affatto riprendendo quelle della luce bianca o incolorata, appena che lo spettatore si trova nel caso di vedere separatamente dal restante della superficie ov' esse si manifestano, quella porzione che è illuminata soltanto dall' una delle due luci. E quest' effetto è anche più sorprendente nei colori accidentali dell' ombre generate per l'opposizione di un lume in cui prevalga sensibilmente il color *conseguente* o *complementario* corrispondente; come per esempio allora, che avvicinando un corpo opaco ad un piano bianco illuminato in concorso dai raggi diurni e dalla luce solare emergente da un vetro colorato interposto, si generano quivi due ombre di due opposti e vivacissimi colori. Perchè se si guardi separatamente dal campo contiguo, attraverso di un cannello annerito al di dentro, l' ombra rischiarata dai raggi diurni, in vece ch' essa comparisca del color *conseguente* di quello che predomina nei raggi emergenti dal vetro, come avviene quando si guarda insieme l' ombra ed il campo all' intorno, si troverà affatto incolorata; nè per quanto si rimuova o si restituisca al suo posto, o si cangi pure, il vetro colorato per cui trasmettonsi i raggi onde si tinge l' area all' intorno dell' ombra, potrà ravvisarsi in questa il menomo cangiamento. Frattanto uno spettatore che ve-

de i termini dell' ombra stessa, la scorge distintamente colorata del complementario corrispondente al colore predominante nell' ombra opposta illuminata dai raggi emergenti dal vetro; e le stesse apparenze tornano a manifestarsi allo spettatore che riguarda l' ombra pel cannello annerito, sol che volgendolo un poco, comprenda nell'area visibile non l' ombra sola, ma una parte pur' anco del campo che la circoscrive.

Questo singolare esperimento è stato per la prima volta immaginato dal Sig. Rumford.

VI.

Considerazioni generali sulla teorìa dei fenomeni sinora esposti. Tentativi di Scherffer *e di* Laplace *per ispiegarli.*

. . . . . . dietro ai sensi
Vedi, che la ragione ha corte l'ali.
Dante - Par. Can. II.

Supponiamo, che mentre gli estremi raggi del Sole all' orizzonte, sul declinare di una chiara giornata d'inverno, rivestono di una leggera ma sensibile apparenza di color d' arancia-rossastro una superficie bianca illuminata insieme dai raggi dalla più serena parte del cielo, ed esente da ogni estraneo riflesso di lume, un cilindro opaco frapposto intercetti sopra una parte di quella superficie la luce solare. L' ombra che ne risulterà, e che non consiste se non che in un minor grado di lume (poichè l' arca dell' ombra non riflette allo Spettatore altra luce che quella che riceve dall' atmosfera, mentre il campo all' intorno è illuminato da questa e dalla luce del Sole), vedrassi del più vivo color verdastro-oltramare o turchineggiante, complementario di quello di cui tingonsi contemporaneamente gli oggetti bianchi dirimpetto al Sole tramontante.

Quali condizioni richiedonsi, perchè queste, e le analoghe apparenze abbian luogo? Quali sono i *limiti* dei fenomeni, le circostanze cioè, nelle quali variando d' intensità le cause dalle quali dipendono, essi cessano di comparire?

Noi abbiamo veduto 1.° che la diversità delle due luci (dissimili tra loro, e non pertanto comprensive de' varj elementi di cui risulta la luce incolorata) che concorrano insieme ad illuminare un' oggetto bianco, e che riman-

gano l'una o l'altra intercettate sopra una parte della di lui superficie mediante un obice opaco interposto, è una condizione essenziale onde abbian luogo i fenomeni de' colori accidentali: le luci omogenee non li producono. 2.° che la luce che riflette allo spettatore quella parte di superficie che apparisce talora vivissimamente colorata, non però si distingue, al riceverne separatamente l'impressione nell' occhio, dalla luce bianca o incolorata. 3.° che le ombre, le quali secondo il vario colore predominante nella luce da cui sono generate appariscono tinte del color *conseguente* o *complementario* che a quello risponde, non tramandano se non che la medesima identica luce in tutti i casi ne' quali esse presentano un colore o un' altro, emuli non di rado nella vivacità de' più schietti colori prismatici. 4.° che secondo il grado di forza o d'intensità relativa delle due luci dissimili, le apparenze de' colori riescono più o meno evidenti e distinte: così la colorazione accidentale dell' ombre non è mai tanto sensibile ad ugual grado di dissomiglianza delle due luci, quanto allora che l' ombra è al suo *minimo* possibile d' intensità; e in generale havvi un limite a queste apparenze, che perdonsi o tendono a dileguarsi se l'una delle due luci diventi soverchiamente più forte dell' altra.

Le conseguenze si presentano spontaneamente dalla considerazione di questi fatti. Vedesi, per esempio, che il color' azzurro dee manifestarsi nelle ombre, tosto che i raggi più refrangibili della luce, vale a dire i rossi e gli aranciati, riflessi dal campo contiguo all' ombra, trionfano su' i raggi del medesimo genere che contengonsi nel lume riflesso dall' area dell' ombra, mentre assai men differiscono tra loro di forza gli altri raggi che van congiunti con essi nel lume riflesso dall' ombra e in quello del campo all' intorno. Poichè l' ombra la quale esser dovrebbe intensissima pe' i raggi più refrangibili della luce, ossia pe' i ros-

si e gli aranciati, tende all' opposto a svanire o ad estinguersi pe' i raggi che sono i più deboli nella luce riflessa dal campo ove i rossi e gli aranciati predominano, vale a dire pe' i raggi verdi, azzurri, e violetti; onde avviene che di questi si accenda la debole luce che dall'area dell' ombra riflettesi allo spettatore mentre gli altri vi sono spenti o adombrati, e ch' essa apparisca perciò del tuono di colore corrispondente, cioè di un azzurro alcun poco inclinante sul verde, qual' è quello a cui volge la luce bianca nella quale i raggi rossi e aranciati sieno estinti o illanguiditi.

Un' esempio familiare renderà anche più sensibile quest' effetto, mostrando come si avvivi il tenue lume che le ombre tramandano allo spettatore, solo col diminuir la forza della luce che investe il campo all' intorno.

Allorchè il Sole, alto sull' orizzonte, rischiara vivamente gli oggetti generando delle ombre o degli sbattimenti di lume assai forti, se una nuvola passeggera cuopra ad un tratto l' aspetto di quest' astro, vediamo allora dileguarsi le ombre, e apparir chiari e distinti quegli oggetti che le ombre stesse cuoprivano. Nè però si accendono esse di maggior lume che per l' avanti; ma col farsi più debole quello del campo all' intorno avvivasi quel minor grado di lume che chiamavamo ombra in paragone del maggior lume e più forte, che circondavalo.

Noi spiegheremo così perchè due luci che contengano in diverse proporzioni gli elementi stessi della luce bianca o incolorata, e che pure appariscono l' una e l' altra incolorate ove ne giunga separatamente l' impressione all' occhio, s'esse poi concorrano insieme ad illuminare un sistema d' oggetti cangino di apparenze, sviluppandosi talvolta al più alto grado di vivacità i due opposti colori *complementarj* nelle ombre generate sulle superficie degli oggetti bianchi da un corpo opaco interposto, e il-

luminate separatamente dall' una delle due luci, mentre il campo all' intorno riflette l' una e l'altra allo Spettatore.

E i varj fenomeni di colorazione che hanno formato il soggetto delle precedenti Memorie, ridurransi così a quest' unico fatto che comprende l' espressione generale delle loro condizioni e delle leggi da cui dipendono, cioè
" se nel lume, che parte dall' ombra, una data specie di
" raggi si trovi sensibilmente più debole dei raggi omologhi
" che esistono nel lume riflesso dal campo contiguo, e in-
" tanto le altre specie dei raggi abbiano un' uguale o non
" troppo diverso grado di forza e d' intensità nell' uno e
" nell' altro lume, l' ombra esisterà solo pe' i primi, estin-
" guerassi per gli altri, e apparirà perciò del color con-
" seguente o complementario di quello dei raggi spenti o
" adombrati ". (*Nota XI.*)

Ma queste apparenze svaniscono, se l' ombra si consideri separatamente dal campo che la circoscrive; e la luce ch' essa tramanda al fondo dell' occhio dello spettatore non destavi altra sensazione che quella della luce bianca o incolorata. Vi sono dunque altrettante specie di luce incolorata quanti sono i varj sistemi di luce che posson dare origine ai colori accidentali e illudere le apparenze de' varj colori dello spettro nelle circostanze sinora descritte? Qual' idea dobbiamo noi dunque farci della bianchezza?

La luce che sviluppasi dai diversi combustibili nel processo dell' ignizione o della combustione, è diversa secondo la varia natura dei corpi che ardono * e talora secondo la diversa rapidità della combustione: la luce che producesi dalle forze meccaniche dell' attrito, della percossa, o della subitanea condensazione delle molecole de'

* Hassenfratz - *Mémoire sur les ombres colorées* - Journal de l' École Polytecnique XIeme cah.

corpi*; quella infine dei fosfori e delle sostanze che spontaneamente risplendono senz' apparente cangiamento di combinazione chimica, hanno tutte delle dissomiglianze che le distinguono, e certi raggi che trovansi in piccol numero nelle une, si contengono all' opposto in gran copia nelle altre; ma in ciascuna un gran numero di raggi d' ogni specie è unito con quelli della specie predominante, come è facile assicurarsene separandoli gli uni dagli altri per mezzo del prisma.

E la luce medesima del Sole (come del rimanente degli astri) trasmessa a noi per l' atmosfera, è ella la stessa a diverse altezze e declinazioni del Sole, vale a dire nelle diverse ore del giorno, nelle varie stagioni dell' anno, e nei diversi climi della terra? Una gran parte de' più riflessibili de' suoi raggi perdesi attraverso dell' aria, allora che il Sole è disceso notabilmente dal meridiano, o che ha aggiunto una considerabile declinazione australe **; ma se l' impressione di quelli, che ancor le rimangono, sull' organo della vista, è tuttavia abbastanza forte da mescolarsi con quella dei raggi più refrangibili che in minor copia ha perduti, e confonderla, la luce sarà per noi *incolorata* come quando il Sole era al Meridiano, e alla sua massima declinazione settentrionale.

A questa indeterminazione è dovuto il sentimento della *bianchezza*; non però ch' ella abbia una misura costante o invariabile: essa sparisce, come abbiam veduto, appena che due di siffatti sistemi di luce incontrandosi in-

---

* Tale è pur forse l'origine della luce che accompagna i fenomeni elettrici, e singolarmente il passaggio della materia elettrica attraverso dell'aria.

** V. le precedenti *Ricerche sui cangiamenti della luce trasmessa o riflessa dall' aria*.

sieme sopra una superficie bianca, e intercettandosi i raggi dell' uno di essi sopra una parte di quella superficie, riman sensibile la disuguaglianza de' loro elementi; d'onde risultano le varie apparenze de' colori accidentali che hanno dato argomento alle precedenti considerazioni.

Queste apparenze, che parvero al Sig. de-Rumford assai difficili a spiegarsi *, sono state generalmente riferite dai Fisici a quel principio, col quale Scherffer ** aveva già spiegati alcuni casi particolari di quei fenomeni, cioè " che se di due impressioni contemporanee e dello " stesso genere, fatte su' i nostri sensi, l' una sia viva- " cissima, debole l' altra, quest' ultima rimane come spen- " ta o distrutta dalla prima. Così, se la vivacità dei rag- " gi d' una data specie, per esempio dei rossi, nella lu- " ce che riflettesi dal campo contiguo all' ombra, supera " d' assai quella dei raggi omologhi nella luce riflessa dall' " ombra, il color rosso ridurrassi, per così dire, in si- " lenzio nella luce medesima, e l' occhio non sarà più " sensibile se non che all' impressione degli altri raggi che " la compongono, onde si avviverà in essa il color com- " plementario corrispondente. " Questo principio è stato dipoi sviluppato dal Sig. Prieur ***, ed applicato ai diversi fenomeni dei colori accidentali (*Nota XII.*)

Una seconda spiegazione dei fenomeni stessi è stata più recentemente proposta dal celebre Sig. Laplace ****. Essa consiste in supporre " che esista nell' occhio una cer- " ta disposizione in virtù della quale i raggi rossi compre- " si nella luce che riflettesi dall' area dell' ombra, non sì

---

* *Let. cit. al Cav. Banks* sulle ombre colorate.

** *Mémoires* sur les couleurs accidentelles - *Journal de Phys.* - Mars 1785.

*** *Considérations sur les couleurs et sur plusieurs de leurs apparences singuliéres* - *Annales de Chimie* - Tom. LIV.

**** Hauy - *Traité élementaire de Physique* - Tom. II. Edit. 2.ème

" tosto son giunti a quest' organo, che rimangono come
" attirati da quelli che formano il color rosso predominan-
" te nel campo all' intorno, talchè le due impressioni
" ne fanno una sola, e quella del color *conseguente* o
" *complementario* nella luce che parte dall' ombra, tro-
" vasi in libertà d' operare quasi che fosse sola. "

Dopo i fatti e le considerazioni che precedono, qualunque discussione intorno a queste ipotesi sembrerà forse inutile. Tuttavolta non sarà fuor di proposito di far vedere mediante un semplice esperimento com' esse si allontanino dai fatti, e in che differiscano essenzialmente dalla spiegazione ch' io ne ho proposta.

Nel mezzo di un porta-oggetti formato di un grosso cartone levigatissimo, sia tagliata un' apertura rettangolare di due o tre linee di larghezza, e di uno o due pollici di lunghezza, velata da una finissima e candidissima tela soprapposta al rovescio del cartone medesimo. S' immagini, che l' anterior superficie del porta-oggetti venga illuminata dai raggi solari trasmessi per un vetro, colorato per esempio in rosso, e la posterior superficie dalla più viva luce dell' atmosfera. Se la prima incontri ad un' estrema obliquità il piano del porta-oggetti in modo che non ne giungano i raggi alla superficie della tela che cuopre il fondo della piccola apertura rettangolare fatta nel cartone, e che vi forma quasi un diaframma semitrasparente, la tela si troverà in certo modo all' ombra, e non pertanto illuminata dalla luce diurna sì vivamente, che trasparendo questa attraverso della tela medesima, essa apparirà dal più splendido color' azzurro-verdastro.

Ora, se in vece d' illuminare il piano del porta-oggetti per mezzo della luce che emerge colorata dal vetro, ne sia colorata in rosso la superficie e illuminata dalla luce diretta del Sole, le apparenze del color' azzurro verdastro del diaframma di tela che cuopre il fondo dell'

apertura rettangolare del cartone , nonchè svanire , dovrebbero anzi (nelle due accennate ipotesi) farsi più vive, temperando opportunamente la forza del lume diurno che investe il rovescio del porta-oggetti . Ma ciò realmente non accade: e perchè il colore complementario si manifesti nella superficie del diaframma, è d' uopo che la luce che parte dalla superficie del porta-oggetti non risulti in troppo maggior copia che di altri, dei raggi rossi ; ma che *componendosi anche del rimanente dei raggi, di cui la luce incolorata si forma, sparisca l' ombra di questi sul diaframma illuminato dalla luce diurna, mentre l' ombra dei primi sussiste.*

VII.

Di alcuni singolari fenomeni di colorazione che dipendono dai precedenti principj.

Riflettendo sulle conseguenze alle quali ci hanno condotto i fatti e le osservazioni fin'ora esposte, non sarà difficile di rilevarne quale osservabile relazione sussista tra il modo con cui si generano i colori accidentali della luce, e quello pel quale, spenti o affievoliti nella luce bianca i raggi atti a destare il sentimento di un determinato colore, avvivasi in essa il color complementario corrispondente. Io non ne ho tratti finquì gli esempj fuorchè dai fenomeni della colorazione accidentale dell'ombre: ma un gran numero di fenomeni analoghi ci presentano i varj accidenti di lume, nel concorso delle condizioni dalle quali abbiam veduto dipendere le apparenze dei colori dell'ombre. Non sarà quindi inutile o inopportuno di dar quì contezza dei principali, come quelli che offrono una nuova e interessante applicazione delle leggi e dei principj, che abbiamo dedotti dai precedenti.

Questi fenomeni sono stati in gran parte ritrovati più per una fortuita combinazione che per una di quelle vedute che distinguono il genio dell' invenzione, e che presagiscono talora i resultati dell' osservazione e dell' esperienza. Un gran numero di fatti particolari, di cui invano si sono affaticati i Fisici a rintracciare o per dir meglio a indovinare le leggi e le cause *, troverebbero quì il

---

* *Mémoires de l' Académie R. des Sciences de Paris* pour l'an 1745.
Buffon - *Supplément à l' histoire naturelle* - Tom. II.
Smith - *Cours complet d' Optique, avec notes*, traduit par Mr. Pezenas.
Hauy - *Traité élementaire de Physique* - 2éme edition - Tom. II.

loro luogo; ma questa inutile ripetizione di fatti, che non val certamente la discussione di un solo ne' varj suoi possibili aspetti, raramente contribuisce alla scoperta o all' avanzamento del vero. Io verrò pertanto richiamando questi fatti dai ragguagli particolari ad un punto di vista più generale e più semplice; e vedremo in tal modo com' essi riuniscansi ai fenomeni che abbiamo finora considerati, e dai quali abbiamo dedotti i principj della teorìa di queste singolari apparenze.

I. Supponiamo, che un porta-oggetti formato da un telajo rettangolare sul quale sia tirata una finissima e candidissima tela, e sul di cui orlo ricorra una larga fascia o lista di nero, sia illuminato per una parte dalla luce solare trasmessa per un vetro colorato (aranciato per esempio), e per l' opposta o rovescia dal lume diurno. Or se una piccola lista rettangolare di cartone soprappongasi alla tela sul rovescio della medesima, venendo essa ad intercettare su quella parte della tela i raggi diurni, vedrassi adombrata una corrispondente porzione dell' area del porta-oggetti da uno spettatore che ne guardi l' anterior superficie sulla quale trasparirà per la finezza della tela il lume che ne rischiara il rovescio. E se la forza o intensità relativa delle due luci che illuminano le due opposte superficie del porta-oggetti sia al grado conveniente, lo spazio adombrato campeggiante in mezzo di esso vedrassi di un vivo color d' indaco, o porporino.

II. S' immagini ora, che quella parte della superficie posteriore del porta-oggetti sulla quale erano intercettati i raggi diurni, venga da essi liberamente illuminata rimuovendone il piccol rettangolo di cartone, e che all' opposto il rimanente dell' area ad eccezione di quella porzione rettangolare, sia difesa dalla luce diurna soprapponendovi un cartone che la ricuopra, e nel di cui centro si trovi un' uguale e conforme apertura rettangolare. Al-

lora quella parte dell' area di porta-oggetti in vece di comparire adombrata ad uno Spettatore che ne guardi l' anterior superficie, vedrassi anzi più illuminata del rimanente come quella su cui concorre col lume generale di cui colorasi l' intera faccia anteriore del porta-oggetti, la luce che trasparisce dall' opposta superficie, e mercè la quale essa appare come nel precedente esperimento di un distinto color d' indaco o porporino, ma più leggero e più chiaro che nell' esperimento medesimo.

III. Supponiamo infine che congiunte fra loro ad angolo due superficie piane candidissime, contornate da una fascia o lista nera per tutto fuori che sulla linea della loro riunione, l' una delle due luci illumini separatamente l' un piano, e l' altra il piano con esso congiunto. Se la forza o intensità relativa delle due luci si trovino al grado conveniente, vedrassi distintamente azzurreggiare l'uno dei due piani, e tingersi di un pallido color d' aurora il piano contiguo; fenomeno che si mostrerà con più vivacità dopo alcuni pochi istanti d' osservazione se muovasi lentamente e alternativamente in direzioni opposte l'occhio, o il doppio piano illuminato, quasi per farne trascorrere l' immagine sulla retina.

Non vi è bisogno di molta riflessione per rilevare la corrispondenza che passa tra questi fenomeni e quelli che abbiamo descritti nelle precedenti Memorie: gli uni e gli altri sieguono le medesime leggi, e dipendono dalle medesime condizioni. La circostanza o particolarità stessa che nell' ultimo esperimento ho notato contribuire alla maggior vivacità delle apparenze, è una prova di più ch' esse derivano dai principj sinora esposti: imperocchè se nell' azione della luce sull' occhio le impressioni più vive sieno di maggior durata, nel passaggio dell' immagine da una parte all' altra della retina quella dei raggi più deboli che prevengono dall' uno dei piani sarà estinta, men-

tre sussisterà tuttavìa quella de' raggi omologhi più forti che procedono dal piano con esso congiunto.

Noi riferiremo pure facilmente all' una o all'altra di queste esperienze gli analoghi casi di colorazione accidentale, intorno ai quali i Sigg. Rumford, Monge, e Prieur si sono particolarmente occupati. Allorchè, per esempio, si viene a frapporre tra l' occhio e un'oggetto vivamente illuminato un drappo o una sottil carta colorata, in mezzo alla quale sia soprapposta una strisciola di carta bianca, la carta o drappo colorato che le serve di fondo trovandosi per la sua semitrasparenza più illuminato della soprapposta lista bianca, che a causa della doppia grossezza si trova più opaca e come adombrata, il candore di questa (ove se ne allontani ogni men che lieve riflesso di luce) vedrassi mutato nel color conseguente o complementario di quello della carta sulla quale campeggia.

Da una simigliante disposizione risultano le apparenze dello stesso genere che ottengonsi da un piccol cerchio o disco di cartone bianchissimo, che si presenti parallelamente, e in piccola distanza, ad un vetro colorato, o a qualunque altra sostanza trasparente pur colorata: ove questa si collochi tra l' occhio ed una luce più o meno viva secondo che di minore o maggior trasparenza essa è fornita, e ove la superficie del piccol cerchio di cartone che in essa campeggia sia appena illuminata da una languida luce diffusa, vedrassi il cerchio medesimo di un distinto color verde azzurreggiante, allora che rosso è il colore del fondo trasparente; o di un vivace color d' indaco ove aranciato sia quello del fondo; o di un pallido violetto se il color del fondo sia d'un verde alcun poco inclinante sul giallo; e in generale del complementario corrispondente di quello del fondo.

Si può avere un piacevole esempio di questo genere, se un piccol pezzo di candida carta tagliato in forma di

un piccolo arboscello, si soprapponga ad un fondo trasparente colorato di un rosso-violetto assai vivo: collocato questo contro-lume nella conveniente situazione, il piccolo arboscello vedrassi verdeggiare ad un tratto *.

Del resto, per conseguire il massimo grado di vivacità in queste apparenze, oltre al procurarsi un lume favorevole, convien porre l' occhio al coperto dai riflessi degli oggetti vicini, e in specie da una luce troppo viva che circondi l' oggetto che serve all' esperimento; lo che può sempre ottenersi per mezzo di diaframmi anneriti, opportunamente disposti fra l' occhio e gli oggetti medesimi.

Alla seconda delle descritte esperienze riportasi quella singolare osservazione di Meusnier **, che avendo frapposto ai raggi solari che illuminavano l' interno di una stanza (da cui era stato rimosso ogni estraneo riflesso di luce) un drappo di seta rosso, nel mezzo del quale trovavasi una piccola apertura o forellino, l' immagine del Sole formata sopra una carta o un porta-oggetti bianco, dirimpetto a quell' apertura, dai raggi che l' attraversavano, gli comparve del più vivace color verde-azzurreggiante, mentre il rimanente della superficie era illuminato non solo ma pur colorato di una delicatissima tinta rossastra; e reciprocamente gli comparve di uno splendido color rosso sostituendo alla tenda o drappo di seta della precedente esperienza un drappo di seta verde; nel qual caso la superficie della carta o del porta-oggetti opposto ai raggi solari vedeasi colorata di una languida tinta verdeggiante eccetto che nella parte che vi occupava l' immagine del

---

* Hauy - *Traité élementaire de Physique*. - Tom. IIeme

** Mèmoire *sur quelques phénomenes de la vision* - par M. Monge - *Annales de Chimie* - Tom. III.

disco solare formata dai raggi liberameute transitanti pel forellino del drappo di seta.

Si potrebbero ottener così delle immagini tinte de' diversi colori prismatici, variando opportunamente quello delle tende o dei mezzi trasparenti destinati a modificare la luce solare. Perchè, mentre nella luee che trasmettesi pel mezzo trasparente interposto spengonsi o indebolisconsi i raggi del color complementario di quello del mezzo, rimangono essi in tutta la loro forza nel fascetto lucido che forma sul porta-oggetti l' immagine diretta del Sole.

Nè con diversa ragione nei varj sbattimenti di lume derivanti dai raggi appartenenti a due sistemi di luce dissimili, avvivansi talora alcune specie di colori, e certe altre si estinguono; di che l' ultima delle già descritte esperienze offre un' esempio osservabile.

Questa reazione scambievole dei colori posti in vicinanza l' uno dell' altro, per cui le loro apparenze si cangiano più o meno sensibilmente, era conosciuta da lungo tempo dai Pittori, ed è stata da essi denotata col nome di *contrasto*. Essi aveano osservato per esempio che un fondo appena appena turchineggiante volge a un delicato color' azzurro sol che lo circondi una fascia di un leggerissimo color rosso-violetto. Nè vi è sfumatura di colore che cangiar non si possa in una delicatissima ma insieme vivace tinta del medesimo tuono, sopraponendola ad un fondo in cui risalti il color complementario corrispondente.

E con pari successo si potrebbe pur conseguire un cangiamento di tuono in un dato colore mediante la reazione del color vicino del campo, o di un contorno qualunque che gli servisse di fondo. Una carta color d'arancia posta sopra un fondo rosso parrà quasi gialla; trasportata sopra di un fondo giallo, parrà quasi rossa. S' essa

pongasi sopra di un fondo verde, parrà di un rosso anche più cupo, e sopra un fondo violetto prenderà un color giallo-citrino o di zolfo. Ma sopra un fondo di color d'indaco o porporino essa prenderà il suo vero tuono di colore, quello cioè ch' essa mostra allorchè campeggia sul bianco, ma più vivace certamente che in quest' ultimo caso.

Così vedesi talvolta, anche sul mezzo del giorno, una nuvoletta campeggiante nel turchino dell' aria, tinta di un color d'arancia delicatissimo ove l' osservatore sia rivolto oppostamente al Sole, e attergato al declivio di una collina o di un monte, per cui si tolgano tutti gli estranei riflessi di luce. Così scorgonsi non di rado brillare di un lume languidamente azzurreggiante, e che pende talora sull' azzurro-verdastro, alcune delle stelle più lucenti, vedute tramezzo a quei vapori rosseggianti che sparsi per l'aria in una bella sera d' inverno riflettono allo spettatore i più tardi raggi del Sole. Così finalmente osservasi alcune volte la Luna tinta di un pallido azzurro-verdastro, o di una leggera velatura di color verde-citrino, quando essa si trovi poco elevata sull' orizzonte alcun tempo dopo che il Sole è tramontato, lasciando tinte di un color d'arancia o rossastro delle nuvole solitarie situate a levante in apparente contiguità colla Luna.



VIII.

Del doppio colore negli oggetti veduti per luce riflessa e per luce trasmessa mediante una sostanza pellucida colorata.

Molti dei fatti che hanno dato argomento alle precedenti Memorie erano stati scoperti o per una fortunata combinazione, o per mezzo d'ingegnose ricerche, prima che io mi proponessi d'illustrare con nuovi tentativi questa parte dell'Ottica della luce. Le mie esperienze mi condussero talora non meno al ritrovamento di alcuni fenomeni per l'avanti non osservati che alla ricognizione, per dir così, di certi altri di cui appena era stata data una leggera contezza dai Fisici. Nè per ciò mi son trattenuto dal rendere in ogni occasione la più esatta giustizia agl'Inventori, o ai primi discuopritori di questi fatti; e mentre io tendeva al mio principale scopo di determinare le leggi ed i limiti dei fenomeni, e d'investigarne la causa, o il fatto generale a cui riferisconsi, ho trascurato di distinguere con particolarità di ragguaglio le osservazioni che mi eran proprie, e fra le quali credo di potere a buon diritto connumerare quelle di cui verrò adesso rendendo conto.

È noto, che se si porti l'occhio dappresso ad una lastra di cristallo, o di una sostanza trasparente qualunque, due ordini diversi d'oggetti scorgonsi al tempo stesso; cioè di quelli che situati al di là del cristallo o del vetro son veduti mercè della luce trasmessa pel mezzo trasparente interposto, e di quelli che situati al di dietro del riguardante, son veduti mercè della luce riflessa dall'anterior superficie del cristallo, sulla quale specchiandosi vengon riferiti dallo Spettatore al di là del cristallo medesimo,

nella direzione prolungata dei raggi riflessi, talchè le loro immagini confondonsi con quelle degli oggetti veduti per luce trasmessa.

Supponete, che non una sostanza pellucida incolorata, ma un vetro colorato qualunque, per esempio un vetro di color verde cupo, pongasi davanti all' occhio in modo da vedere insieme questi due diversi ordini d' oggetti: voi troverete talora vivacemente tinti de' due opposti colori *conseguenti* o *complementarj* i due diversi ordini o sistemi d' oggetti, di modo che mentre quelli veduti per luce trasmessa si scorgeranno come velati di una leggera tinta verdastra, quelli veduti per luce riflessa appariranno sensibilmente colorati di un chiaro violetto-rossastro.

Se voi porrete attenzione alle circostanze che contribuiscono ad aumentare o a diminuire la vivacità di queste apparenze, o alle condizioni da cui sembrano esse dipendere, voi le troverete esattamente consimili a quelle, dal concorso delle quali abbiam veduto aver' origine i fenomeni dei colori accidentali dell' ombre. Voi vedrete così, che tra le particolari circostanze che concorrono a render più evidenti o cospicue le apparenze di cui si tratta (fissando per esempio un determinato oggetto bianco e vivamente illuminato, del quale la superficie anteriore del vetro rimandi all' occhio l' immagine), principalissima si è quella, ch' esso si trovi contiguo ad oggetti oscuri o adombrati, le immagini de' quali riferite pur esse virtualmente al di là del vetro nella direzione prolungata dei raggi riflessi, cadano sopra un fondo bianco e distintamente illuminato, mentre all' opposto l' immagine di quel dato oggetto cade sopra un fondo nero o molto oscuro. Vedesi allora quell' immagine affatto trascolorata, di bianca ch' ella era; e mentre gli oggetti fra i quali campeggia scorgonsi distintamente colorati in verde dal vetro, essa apparisce di un rosso-violetto ch' emula non di rado

nella vivacità i più schietti colori prismatici.

Così se un vetro piano colorato (verde, per esempio) frappongasi normalmente alle pagine contigue di un libro del pari illuminate, situando l' occhio in modo da vedere per luce riflessa una porzione dell' una di quelle pagine, ed una porzione della pagina opposta per luce trasmessa, si vedranno i caratteri neri della prima tinti del più intenso color verde cupo, e quelli della seconda del più vivace color rosso-violetto, temperando opportunamente la forza della luce da cui le due pagine vengono illuminate.

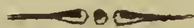
Per mezzo di un' esperienza analoga ho verificato che tutte le varie specie di raggi semplici, di cui la luce componesi, vengono riflesse dall' aria, se non che i raggi più refrangibili sono in maggior copia riflessi degli altri; circostanza, alla quale attribuir si dee quella vivace apparenza di azzurro *, che presentano le grandi masse di questo fluido. Io veniva riguardando a specchio di un vetro giallo-verdastro una di quelle leggere nuvole candidissime, che campeggiano solitarie in mezzo del più vivo azzurro dell' aria: la nuvola e la parte di cielo all' intorno vedevansi di un intenso color porporino-violetto più chiaro nella prima, più fosco nell' altra, ma tale però che la nuvola discernevasi ben poco dal campo all' intorno. Sostituendo dei vetri di diverso colore al vetro giallo-verdastro, le apparenze della nuvola, e della parte di cielo veduta a specchio nel vetro, prendevano i varj tuoni di colore conseguenti, ma l' immagine della nuvola appariva sempre più distinta e staccata sul fondo, quanto più quelle apparenze volgevano verso i men refrangibili colori dello spettro: talchè con un vetro di color verde-az-

---

* V. la prima delle presenti Memorie, *intorno ai fenomeni generali della dispersione della luce nel suo passaggio per l' atmosfera.*

zurro esse presentava il più vivo e più distinto color rosso, quella della parte contigua di cielo appena una languida e smorta velatura rosseggiante, mentre pur concorrevano in questo come nei precedenti esperimenti le circostanze più favorevoli allo sviluppo di queste apparenze.

Del resto, non è difficile di rilevare dal poco che ho notato sinora intorno a questo genere di fenomeni (di cui parmi inutile una più estesa e più particolar discussione), " che i due ordini o sistemi diversi d' oggetti " veduti mediante un vetro o una sostanza pellucida co- " lorata qualunque, gli uni per luce riflessa dall' anterior " superficie del mezzo colorato, gli altri per luce trasmes- " sa, presentano costantemente i due colori conseguenti " o complementarj, l' uno dei quali appartiene alla luce " emergente dal vetro; purchè si verifichino le condizio- " ni medesime dalle quali dipendono i colori accidentali " dell' ombre ".



IX.

Dell' armonìa de' colori.

Un' elegante Scrittore * ha preso argomento dall' effetto che producono, anche sullo spettatore meno istruito, i brillanti fenomeni di colorazione che accompagnano talora e abbelliscono sul declinare di una giornata serena l' aspetto occidentale del cielo, per dimostrare che i semi del gusto esistono nello spirito umano innanzi che l' arte abbia potuto svilupparli. Forse noi saremmo in grado di dimostrare anche di più, che malgrado l' immensa varietà dei colori che avvivano sovente lo spettacolo della Natura, vi sono dei princìpj altrettanto semplici che costanti dai quali dipende il loro accordo scambievole o la loro armonìa, e che il piacere che ne risulta è fondato sulle invariabili disposizioni degli organi stessi della vista.

Non havvi alcuno che avvenutosi talvolta a osservare qual che si sia di quei singolari accidenti di lume da cui dipende l' apparire dei due opposti colori complementarj, non sia rimasto colpito dal fenomeno dell' inespressibile loro accordo. Prima ancora ch' egli siasi avveduto della legge di relazione che passa tra i due colori, egli sentirà che l' occhio è piacevolmente trattenuto da questa loro armonìa; che abbandonando l' uno di essi, l' occhio si riposa senza veruno sforzo sull' altro; e che questo effetto non si otterrebbe, se in vece de' due colori tra loro conseguenti o complementarj, fossero accompagnati insieme due altri colori qualunque.

Questo fenomeno è subordinato certamente ad alcuna delle leggi primitive dell' organo della vista: esso dee ri-

---

* L' Inglese *Akenside*.

solversi in un fatto che ne mostri se non altro la connessione o il rapporto col modo d' azione sull' organo stesso dei diversi raggi di luce destinati ad eccitar l' idea de' varj colori.

Un fenomeno da lungo tempo osservato, e che Scherffer e Darwin * hanno illustrato per mezzo d' interessanti esperienze, ha fatto conoscere che l' impressione della luce colorata non solo rimane nell' occhio per un tempo considerabile, ma si trae dietro in certo modo o vi dà origine alla sensazione del color conseguente o complementario, tosto che sia venuta a cessare l' azione diretta di quella data specie di raggi sull' occhio.

Così dopo aver contemplato fissamente per un certo tempo un' oggetto di color rosso vivamente illuminato, se chiudasi l' occhio, l' impressione di quell' oggetto sussiste ancora: essa è però cangiata in quella del suo *conseguente* azzurro-verdastro; e l' immagine così trasmutata dell' oggetto medesimo, non pur si conserva dall' occhio nella più profonda oscurità finchè a poco a poco si dilegui, ma si trasporta pur' anco per un certo tempo, ove riaprasi l' occhio, su tutti gli oggetti su' i quali si dirige la vista * *.

Quest' effetto ha pur luogo per ogni specie di colori: e lo spettro che l' impressione prolungata di un' oggetto color d' arancia fortemente illuminato lascia nell' occhio, è di un vivace color d' indaco, come lo spettro che suc-

---

* Il primo nelle Memorie citate: l' altro in un' elegante Memoria sugli spettri della vista, inserita nelle *Transazioni Filosofiche* Tom. LXXVI.

** I fenomeni degli spettri oculari sono stati stranamente confusi dal Sig. *Hauy* con quelli dei colori accidentali, ingannato forse dalla conformità della legge di relazione che esiste tra i due colori, che nell' uno e nell' altro caso si accompagnano tra loro, o si seguono. Vedasi il suo *Trattato di Fisica* - Ediz. 2da Tom. II. pag. 266.

cede all' impressione di un' oggetto color d' indaco è di un pallido color d' arancia ; e un oggetto di color giallo-verdastro genera uno spettro di color violetto, come un oggetto di color violetto lascia uno spettro giallo verdastro.

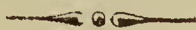
Io non pretendo di spiegare un' effetto sì semplice qual' è quello del piacere che nasce per ordinario dall' impressione dei colori sull' occhio : ma in quell' effetto che per una felice espressione transitiva dicesi *l' armonia dei colori*, e che consiste nel sentimento dell' accordo di due qualunque tra di essi, la piacevole sensazione che accompagna il cangiamento dell' una impressione nell' altra, non ha essa forse la sua origine da questa legge dell' organo della vista, per cui l' immagine di un dato colore trasmutasi spontaneamente in quella del suo complementario corrispondente ?

Nè certo aver può una men stabile base che nelle leggi inerenti all' organo stesso della vista, l' universale e costante persuasione che ha condotto invincibilmente in ogni tempo a convenire che l' assortimento o la compagnìa di certi colori non val solo ad aggiunger risalto e vivacità all' uno ed all' altro, ma a dar loro una grazia e quella suprema bellezza ch' essi non hanno l' un dall' altro disgiunti. Così Newton* ha osservato che l' aranciato contrasta bene coll' indaco : così Mengs ** dà lode alla combinazione del porporino-violetto col giallo : così in Virgilio *** la più bella delle Ninfe

" *Pallentes violas, et summa papavera carpens,*
" *Narcissum et florem jungit bene olentis anethi,*
" *Tum casia, atque aliis intexens suavibus herbis*
" *Mollia luteola pingit vaccinia caltha.*

---

* *Optice lucis.* ** *Tratt. della Pittura.* *** *Eclog. II.a*



NOTE

ED

ILLUSTRAZIONI

I. Ho fatto menzione più volte, nel decorso di queste Memorie, delle osservazioni e dei ritrovati, con i quali Lionardo da Vinci, prevenendo le scoperte de' Secoli a lui posteriori, aveva aperto la via alle più delicate ricerche intorno alla Fisica dei colori. L' Autore della Storia dell' Ottica attribuisce in vero, con i Francesi, ad Ottone di Guerrick l' aver notate prima d' ogni altro le apparenze dell' ombre azzurre della mattina e della sera, e i varj accidenti di colorazione delle nuvole, e degli oggetti bianchi illuminati dai raggi del Sole tramontante o nascente; ed ai Sigg. Buffon, e Mazéas l' aver presentato di nuovo all' attenzione dei Fisici questi fenomeni, che parevano dimenticati. Non però erano essi ignoti, quasi un secolo prima di Ottone di Guerrick, a Lionardo da Vinci; nè doveano obbliarsi in tal proposito tra gli altri i due seguenti passaggi del suo celebre *Trattato della pittura*, che pure fu impresso in Parigi nel 1651. per cura del dotto du-Fresne.

" L' ombre de' corpi generati dal rossor del Sole vicino " all' orizzonte sono sempre azzurre, perchè l' ombra pi- " glia lume dal cielo... e il campo di essa ombra vedu- " to dal Sole partecipa del color rosso ". *Cap.* 328.

" Quando il Sole fa rosseggiare i nuvoli dell'orizzonte " le cose che per la distanza si vestivano d' azzurro fieno " partecipanti di tal rossore, onde si farà una mistione " tra l' azzurro ed il rosso, la quale renderà la campa- " gna molto allegra, e gioconda, e tutte le cose che sa-

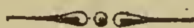
" ranno alluminate da tal rossore saranno molto evidenti " e rosseggeranno " . *Cap.* 332.

II. Le osservazioni del Cav. Melville intorno ai colori della luce sono consegnate nelle Memorie Edimburghesi (*Edimburg Essays Tom.* 2.) Quest' illustre Scozzese, rapito immaturamente alle Scienze nella sua fresca età di 27 anni, lasciò degli interessanti documenti del suo ingegno in alcune Memorie di vario genere che leggonsi nelle opere periodiche di quel tempo, e che hanno eminentemente contribuito agli avanzamenti della Filosofia Naturale, e di quella dello spirito umano.

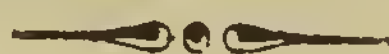
III. Le mie prime esperienze sui colori accidentali dell' ombre furono pubblicate nel Giornale dei Letterati di Pisa pe' i bimestri di Gennajo e di Marzo del 1805; e altre lo furono nel Tomo XIII. delle *Memorie della Società Italiana delle Scienze* pubblicato nello stesso anno. Quelle del Sig. Prieur sono state rendute di pubblica ragione nel volume 54 degli *Annali di Chimica* pel quaderno del 30 Germinale dell' anno XIII. (20. *aprile* 1805.)

IV. La diversa elevazione del Sole sull' orizzonte da cui dipende l' obliquità de' suoi raggi sulla superficie terrestre, vien riguardata generalmente come la causa principale delle variazioni diurne e annuali della temperatura della terra. Ma è stata soverchiamente estesa l' influenza di questa causa: certamente una causa non meno efficace della

diminuzione della temperatura della terra, o delle variazioni periodiche del calore, è la perdita che soffre la luce solare per l' interposizione di un lungo strato d'aria secondo le diverse altezze del Sole sull' orizzonte. Le belle esperienze di Rumford hanno provato che la produzione del calore corrisponde alla perdita della luce incidente: e potrebbe verificarsi qual parte è dovuta a questa causa nelle variazioni del calor diurno, applicando a questa ricerca l' istrumento a cui è piaciuto al sagace inventore di appropriare il nome di *fotometro*, più conosciuto ordinariamente sotto il nome di *termoscopio di Leslie*.



V. Nelle regioni Settentrionali, dove il Sole nasce e tramonta più obliquamente, e dove l' atmosfera condensata dal freddo disperde con maggior forza i raggi più refrangibili della Luce, i fenomeni della colorazione delle nuvole solitarie sulla mattina o sulla sera, sono perciò notabilmente più evidenti che nelle regioni più temperate.



VI. L' eloquente Scrittore dell' Istoria dell' Astronomìa nel riferire le osservazioni di Keplero sul colore di cui si tinge la Luna nelle sue ecclissi totali, non dubita che questo fenomeno sia dovuto alla refrazione. " La Lune " (egli dice) dans ses éclipses totales, est souvent teinte " d'un rouge sombre, où les anciens voyoient une couleur " de sang. Kepler, qui savoit qu' elle est alors éclairée " par la lumière du Soleil, *detournée et pliée dans l' at-* " *mosphère*, annonça avec confiance que cette lumière est " ainsi colorée *par la refraction*. Il fut conduit sans dou- " te à cette idée par la vue de ces nuages pourprées, qui

" le jour, réçoivent un vif éclat d' une lumière forte et
" directe; nuages, qui vers le soir ont répresenté des ar-
" mées sanglantes à l' imagination craintive des hommes,
" tandis que le matin, aprés le répos de la nuit, au retour
" de la lumière, les poètes n' y ont vu que le réveil d'
" une déesse et l'espérance d'un beau jour " .

Histoire de l' Astronomie - Lib. XI. § IV.

Ho dimostrato, che la diversa refrangibilità dei raggi di luce non può aver parte alcuna in queste apparenze, che debbono attribuirsi soltanto alla dispersione dei raggi più refrangibili nel loro tragitto per l' aria.



VII. Non bisogna confondere le apparenze delle ombre mattutine e vespertine con quelle delle ombre vedute in distanza, o degli oggetti oscuri veduti per entro ad una notabile profondità d'aria: in queste ultime abbiamo già riconosciuto un fenomeno di *prospettiva aerea*: esse non derivano infatti se non che dal colore dell' aria interposta, che l' occhio riferisce sul fondo oscuro dell' ombre, e confonde col natural colore di quegli oggetti la cui luce và attenuandosi nelle maggiori distanze a causa dell' imperfetta trasparenza dell' aria.



VIII. " Il lume del fuoco tinge ogni cosa in giallo, ma
" questo non apparirà esser vero se non al paragone del-
" le cose illuminate dall' aria: e questo paragone si potrà
" vedere vicino al fine della giornata, e sicuramente dopo
" l' aurora, e ancora dove in una stanza oscura dìa so-
" pra l' obietto uno spiracolo d' aria, e insieme uno spi-
" racolo di lume di candela; ed in tal luogo certamente

" saranno vedute chiare e spedite le loro differenze " *Lionardo da Vinci* - Trattato della Pittura - Cap. 156.

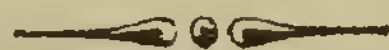
Queste osservazioni precedono di oltre due Secoli quelle dell' Ab. Sauvages, di cui si trova fatta menzione nel Vol. III. degli Annali di Chimica.

IX. Sopra un' esperienza analoga a questa, Mariotte credè d' aver dimostrato che la luce della Luna è azzurra. Fu osservato in simil modo, che la luce diurna riflessa sulle ombre dalla neve, è di un vivace turchino. *Ephem. des curieux de la nature*, *1.ere déc.*

X. Hassenfratz ha creduto, che a proporzione che predomina in una sostanza vegetale combustibile il *carbono*, i raggi predominanti, nella luce sviluppata dalla combustione sieno gli azzurri, e che predominandovi l' *idrogeno* prevalgano i raggi rossi. Questa ipotesi non sembra confermata dalle esperienze riferite alla pag. 55, e segg.

XI. Più di tutti i moderni Fisici Lionardo da Vinci si avvicinò al discuoprimento della causa di queste singolari apparenze. " Spesse volte accade (dic' egli) le ombre " de' corpi non esser compagne de' lumi, e saran verdeg- " gianti l' ombre, e i lumi rosseggianti. Questo accade " se il lume verrà d' oriente sopra l' obietto e lo allumi- " nerà, e dall' occidente sarà un' altro obietto dal mede- " simo lume alluminato, il quale sarà d' altro colore; on- " de con i suoi lumi riflessi risalta verso levante, e per-

" cuote con i suoi raggi nelle parti del primo obietto a " lui volte, e lì si tagliano i suoi raggi, e rimangon fer- " mi insieme co' loro colori e splendori. Io ho spesso ve- " duto un' obietto bianco, i lumi rossi, e l' ombre azzur- " reggianti, e questo accade nelle montagne di neve " quando il Sole tramonta all' Orizzonte, e si mostra in- " fuocato " *Trattato della Pittura* - *Cap.* 158.



XII. L' Autore dell' estratto delle Memorie del Sig. Prieur sopra i colori accidentali parlando della teorìa da esso adottata per ispiegare questi fenomeni " il emploie " (dic' egli) le mot de *contraste* à caractériser l' effet " de la vision simultanée de deux substances différem- " ment colorées lorsqu' elles sont rapprochées et dans " certaines circonstances. Le contraste est donc ici une " comparaison d' où résulte une différence grande ou pe- " tite " *Annales de Chimie* - *Tom. LIV*.

Questa spiegazione non è in ultima analisi se non che un modo d' esprimere il fatto; nè differisce essenzialmente da quella di Scherffer, della quale ho renduto conto nella VIII.ª Memoria.

FINE.

INDICE

DELLE MEMORIE

MEMORIA.

DELLA PRESENTE OPERETTA
SONO STATI IMPRESSI SOLTANTO
CCCCXX. ESEMPLARI IN CARTA VELATA BIANCA
XII. IN CARTA OCCHIO-DI-PERNICE VELATA
II. IN CARTA CERULEA.

